

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

# Drtič obilovin a suchých zbytků pečiva a kostí

## Crusher of Cereals and Dry Scraps Pastries and Bones

Student:

Miroslav Mach

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

## Zadání bakalářské práce

Student: **Miroslav Mach**  
Studijní program: **B2341 Strojírenství**  
Studijní obor: **2302R010 Konstrukce strojů a zařízení**  
Specializace: **21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení**  
Téma: **Drtič obilovin a suchých zbytků pečiva a kostí**  
**Crusher of Cereals and Dry Scraps of Pastries and Bones**

Zásady pro vypracování:

Vypracujte projekčně-konstrukční návrh drtiče sloužícího k drcení obilovin a suchých zbytků pečiva a kostí. Velikost frakce určuje okatost výstupního roštu (síta). Drtič navrhnete jako mobilní s ohledem na snadný přístup a čištění drtící komory a zároveň s ohledem na výměnu často se opotřebovávajících částí.

Výchozí parametry:

Velikost výstupní frakce: 1 až 4 mm

Objem drtící komory: cca 10 l

Pohon: asynchronní elektromotor

Výkon: cca 100 kg.h-1

Proveďte:

- stručné zhodnocení stávajícího stavu techniky v dané oblasti,
- zpracování možných variant a výběr nejlepšího řešení dle zvolených kritérií,
- technickou zprávu s popisem funkce navrhovaného zařízení v návaznosti na výkresovou dokumentaci a výpočtovou část technické zprávy,
- projekční návrh kompletního řešení drtiče domácího (kuchyňského) odpadu,
- detailní konstrukční zpracování řešení násypky, drtící komory, rámu a pohonu drtiče včetně během zpracování určených konstrukčních uzlů,
- výkresovou dokumentaci v celkovém rozsahu min. 1xA0.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] FS\_SME\_05\_003 verze: G *Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce.*
- [2] ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura.* Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [3] NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů.* 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.
- [4] BOHÁČEK, F. *Části a mechanismy strojů I a II.* Brno: VUT Brno, 1987.
- [5] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky* (4. přepracované vydání). Úvaly, 2008, ALBRA – pedagogické nakladatelství. 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [6] KRÍŽ, R. *Strojnické tabulky II. Pohony.* Ostrava: Montanex, 1997, 213 s. ISBN 80-85780-51-8
- [7] POLUS, E.: *Úpravárenské stroje I.* VUT Brno 1984.
- [8] POLICKÝ, J.: *Úpravárenské stroje I.* VUT Brno 1987.
- [9] JASAŇ, V.: LEMESÁNYI, L.: *Úpravnické stroje I.* VŠT Košice 1987.
- [10] DINTER, O.: *Drcení a mletí.* SNTL Praha 1984.

- [11] Firemní literatura a podklady, odborné časopisy apod.  
[12] Literární rešerše zpracovaná v rámci Diplomového projektu.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Dr.Ing. Ladislav Kovář**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



---

doc. Dr.Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

#### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3)
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:.....

.....  
podpis

Miroslav Mach

17. Listopadu 1230/10

Kopřivnice

742 21

### **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Dr. Ladislavu Kovářovi, mému vedoucímu bakalářské práce, za jeho cenné rady, připomínky, ochotu a čas. A taky mé rodině, za vytvoření, pro mě, těch nejlepších podmínek na tuto práci.

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

MACH, M. *Drtič obilovin a suchých zbytků pečiva a kostí: Bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2013, 66 s. Vedoucí práce: Kovář, L.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem drtiče určeného k drcení obilovin, suchých zbytků pečiva a kostí. Úvodní část je věnovaná popisu technologie drcení, její způsoby a význam. Dále pak drtíci stroje, jak všeobecným, tak konkrétně kladivovým drtičům v různém odvětví. Následuje konstrukční část s výběrem optimální varianty drtiče a popisem stavební struktury. Po této části práce pokračuje základními výpočty drtiče a některých jeho částí. K práci je přiložena příslušná výkresová dokumentace.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

MACH, M. *Crusher of Cereals and Dry Scraps Pastries and Bones: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB –Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2013, 66 p. Thesis head: Kovář, L.

This thesis deals with the structural design crusher designed to crush cereal, dry scraps pastries and bones. The first part is devoted to the description of the grinding technology, its methods and meaning. Furthermore, crushing machines, both generally and specifically hammer crushers in various industries. The following is a component to select the optimal crusher and description of the building structure. After this part continues the basic calculations crusher and some of its parts. The work is accompanied by appropriate drawings.

## **OBSAH:**

Seznam použitých značek:.....	11
ÚVOD .....	14
1 DRCENÍ A MLETÍ .....	15
1.1 Význam a účel drcení a mletí.....	15
1.2 Proces zdobňování .....	15
1.3 Způsoby drcení.....	16
1.4 Stupeň zdobnění.....	16
2 DRTIČE A MLÝNY .....	18
2.1 Drtiče a mlýny nerostných surovin .....	19
2.1.1 Čelistové drtiče.....	19
2.1.2 Kuželové drtiče .....	21
2.1.3 Válcové drtiče .....	22
2.1.4 Kolové mlýny .....	23
2.1.5 Kulové mlýny .....	23
2.2 Drtiče a mlýny pro zpracování obilovin.....	24
2.2.1 Válcové mlýny a mačkače .....	24
2.3 Drtiče a šrotovníky pro zpracování biomasy .....	25
2.3.1 Šrotovníky na slámu .....	25
2.3.2 Granulátory .....	25
2.3.3 Extrudéry .....	25
2.4 Drtiče a šrotovníky na zpracování odpadu .....	26
2.4.1 Štěpkovač.....	26
2.4.2 Drtič kuchyňského odpadu .....	27
2.4.3 Nožové drtiče odpadu .....	28
2.4.3.1 Drtiče s rovnými noži .....	28
2.4.3.2 Drtiče se šikmými noži .....	28
3 KLADIVOVÉ DRTIČE .....	29



3.1 Kladivové a odrazové drtiče nerostných surovin .....	29
3.2 Kladivové mlýny na zpracování dřevního odpadu.....	31
3.3 Kladivové drtiče zpracovávající odpady potravinářského průmyslu .....	31
3.3.1 Kladívkové šrotovníky pro mletí surovin do krmných směsí.....	32
3.3.1.1 Horizontální .....	32
3.3.1.2 Vertikální .....	32
4 Konstrukční návrh drtiče obilovin, suchých zbytků pečiva a kostí .....	34
4.1 Požadavkový list .....	34
4.2 Transformační proces.....	35
4.3 Funkční struktura .....	35
4.4 Morfologická matice .....	36
4.5 Stavební struktura.....	38
4.5.1 Funkce drtiče.....	38
4.5.2 Hlavní části drtiče .....	38
4.5.3 Komora drtiče .....	39
4.5.4 Rotor .....	40
4.5.5 Nosné prvky drtiče.....	41
4.5.6 Uložení hřídele.....	41
4.5.7 Napínání řemene .....	42
4.5.8 Zajištění víka.....	42
4.5.9 Volba elektromotoru .....	43
5 VÝPOČET KLADIVOVÉHO DRTIČE .....	44
5.1 Výkonnost kladivového drtiče .....	44
5.2 Výpočet pohonu kladivového drtiče .....	45
5.2.1 Celkový výkon drtiče ( $P_C$ ) .....	45
5.2.2 Výkon pro drcení materiálu drtícími kladivy ( $P_1$ ) .....	46
5.2.3 Výkon na roztírání materiálu o kontrolní rošt ( $P_2$ ) .....	46
5.2.4 Výkon pro překonání tření v podporách rotoru ( $P_3$ ) .....	47

5.2.5 Výkon pro překonání odporu vzduchu v pracovním prostoru ( $P_4$ ).....	47
5.3 Výpočet převodu klínovým řemenem .....	48
5.3.1 Stanovení velikosti klínového řemene .....	48
5.3.2 Návrh výpočtových průměrů $D_1$ a $D_2$ .....	49
5.3.3 Určení osové vzdálenosti .....	50
5.3.4 Určení délky řemene .....	50
5.3.5 Skutečná osová vzdálenost .....	51
5.3.6 Počet řemenů.....	52
5.3.7 Specifikace navrženého řemene.....	52
5.3.8 Výpočet předpětí řemene .....	52
5.4 Výpočet přenosu $M_K$ na hřídeli .....	54
5.5 Výpočet hřídele .....	56
5.6 Kontrola ložisek .....	57
5.7 Kontrola osky kladiv .....	58
ZÁVĚR .....	61
Literatura:.....	62
Přílohy:.....	64

## Seznam použitých značek:

Značka	Jednotka	Popis
$A_1$	[J]	Práce vykonaná při úderu jednoho kladiva
$A_2$	[J]	Práce vykonaná jedním kladivem při roztírání materiálu na kontrolním roštu
$A_{\min}$	[mm]	Minimální teoretická osová vzdálenost
$A_{\max}$	[mm]	Maximální teoretická osová vzdálenost
$A_{\text{MIN}}$	[mm]	Mez pro nasazení řemene
$A_{\text{MAX}}$	[mm]	Mez pro další napínání řemene během provozu
$A_{\text{SK}}$	[mm]	Skutečná osová vzdálenost
$a$	[mm]	Vzdálenost
$b$	[mm]	Vzdálenost
$c$	[mm]	Vzdálenost
$C_1$	[-]	Součinitel vlivu opásání
$C_2$	[-]	Součinitel vlivu délky klínového řemene
$C_3$	[-]	Součinitel dynamičnosti a pracovního režimu
$d_{\text{č}}$	[m]	Průměr čepu rotoru
$D_{\text{R}}$	[m]	Průměr rotoru
$D_{\text{stř}}$	[m]	Střední průměr trajektorie pohybu vzduchu v tělese drtiče
$E_{\text{k}}$	[MPa]	Modul pružnosti
$F$	[N]	Přenášená obvodová síla
$F_2$	[N]	Síla
$F_{\text{t}}$	[N]	Třecí síla při pohybu materiálu po kontrolním roštu
$F_0$	[N]	Předpětí
$F_{\text{oska}}$	[N]	Odstředivá síla kladiv a podložek
$f_1$	[-]	Součinitel tření materiálu o kontrolní rošt
$f_2$	[-]	Součinitel tření v podporách rotoru
$f_{\text{k}}$	[-]	Součinitel tření v klínové drážce
$f_0$	[-]	součinitel suchého smykového tření u nezaběhnutého řemene
$f_{\text{v}}$	[-]	Součinitel vláknového tření

$G_r$	[N]	Tíha rotoru
$G_{rot}$	[N]	Tíhová síla
$G_{řem}$	[N]	Tíhová síla
$i$	[-]	Převodový poměr
$k$	[-]	Součinitel drtitelnosti
$k_s$	[-]	Součinitel pro statickou bezpečnost
$L_P$	[mm]	Normalizovaná výpočtová délka
$L_P'$	[mm]	Předběžná geometrická délka řemene
$L_R$	[m]	Délka rotoru
$L_{10h}$	[hod]	Základní trvanlivost ložiska
$l$	[mm]	Délka pera
$l'$	[mm]	Přímá část boku pera
$M_k$	[N.m]	Krouticí moment
$M_{tr}$	[N.m]	Třecí moment v podporách
$M_{omax}$	[N.mm]	Maximální ohybový moment
$M_{red}$	[N.mm]	Redukovaný moment
$m_k$	[m]	Hmotnost kladiva redukovaná do bodu úderu]
$m_{klad}$	[kg]	Hmotnost kladiv a podložek
$m_m$	[m]	Střední hmotnost zrn drcených jedním kladivem
$m_{rot}$	[kg]	Hmotnost
$m_{řem}$	[kg]	Hmotnost
$N_0$	[kW]	Ideální jmenovitý výkon na 1 řemen
$O$	[N]	Odstředivá síla působící na zrno drceného materiálu
$P_1$	[W]	Výkon pro drcení materiálu drtícími kladivy
$P_2$	[W]	Výkon na roztírání materiálu o kontrolní rošt
$P_3$	[W]	Výkon pro překonání tření v podporách rotoru
$P_4$	[W]	Výkon pro překonání odporu vzduchu v pracovním prostoru
$P_C$	[W]	Celkový výkon drtiče
$P_P$	[W]	Příkon drtiče
$p$	[-]	Exponent pro ložiska s bodovým stykem
$p_{D2}$	[MPa]	Dovolený měrný tlak
$\Delta p$	[Pa]	Přetlak v drtiči vznikající při rotaci rotoru

$Q$	[t.h-1]	Výkon drtiče
$Q_{v-vz}$	[kg·s <sup>-1</sup> ]	Množství vzduchu, které projde přes drtič
$q_v$	[kg·m <sup>-3</sup> ]	Měrná hmotnost vzduchu
$R_e$	[MPa]	Mez pevnosti v kluzu
$R_{Tm}$	[m]	Vzdálenost osy rotoru od těžiště drceného zrna
$S$	[m <sup>2</sup> ]	Plocha příčného průřezu aktivní části rotoru
$s$	[-]	Stupeň drcení
$s_D$	[m]	Dráha, kterou urazí materiál na kontrolním roštu
$V_K$	[m]	Velikost drtící komory drtiče
$v_1$	[m.s <sup>-1</sup> ]	Obvodová rychlost
$v_{stř}$	[m.s <sup>-1</sup> ]	Střední rychlost pohybu vzduchu
$Z$	[-]	Celkový počet řemenů
$z$	[-]	Počet kladiv
$\alpha$	[°]	Úhel opásání malé řemenice
$\hat{\alpha}$	[rad]	Úhel opásání
$\alpha'$	[°]	Úhel drážky řemenice dle tabulek
$\pi$	[-]	Konstanta
$\rho_k$	[kg.m <sup>3</sup> ]	Měrná hmotnost
$\sigma_{DO}$	[MPa]	Dovolené napětí v ohybu
$\tau_k$	[MPa]	Napětí ve smyku
$\omega$	[s <sup>-1</sup> ]	Úhlová rychlost

## ÚVOD

Zvyšování kapacit průmyslové výroby a růst životní úrovně občanů, mají mimo jiné neblahý vliv na stále se zvyšující produkci odpadního materiálu. Mezi takovýmto odpadem se jistě musí vyskytovat takový, který právem můžeme považovat za zdroj vhodný pro další zpracování. Využití drtičů, jako strojů na zpracování odpadů, je nedílnou součástí zpracovatelské technologie. Tato práce se zabývá návrhem kladivového drtiče, který by zpracovával, jednak surovinu v podobě obilovin a také potravinový odpad ve formě suchých zbytků pečiva a kostí, do podoby krmiva, či krmné směsi. Drtič je vhodný hlavně do malozemědělské výroby, nebo do venkovských domácností.

# 1 DRCENÍ A MLETÍ

## 1.1 Význam a účel drcení a mletí

Drcení a mletí patří k nejdůležitějším technickým procesům v četných průmyslových odvětvích. Cílem drcení a mletí zpracovaných surovin je tedy zmenšit velikost kusů, nebo zrn dané suroviny na požadovanou velikost.[1]

Velký význam má drcení a mletí převážně:

- při těžbě a úpravě nerostných surovin
- zpracování obilovin, kukuřice a jiných zemědělských plodin
- potravin k výrobě krmiv a krmných směsí
- ke zpracování různých odpadů a biomasy

Dalším účelem drcení a mletí je získání produktů s velkým měrným povrchem. Měrný povrch podmiňuje fyzikálněchemické vlastnosti látek, zejména jejich reaktivnost a rozpustnost. Drcení a mletí umožňuje dobré promísení různých složek před jejich dalším zpracováním. Výsledkem zdrobňování je vedle zvýšení stupně disperzity také zvýšená sypná hustota, tekutost (schopnost téci), mísitelnost, schopnost vznosu, změna povrchové aktivity, optických vlastností, látkové a tepelné výměny, schopnosti vazby aj. Význam zdrobňovacího procesu roste s růstem objemu výroby a spotřeby kovů, kameniva, cementu, stavebních hmot, keramických výrobků a různých jiných drcených nebo rozemílaných hmot včetně zneškodňování a zpracování odpadů. Význam zdrobňovacího procesu je v různých průmyslových oborech velmi rozdílný.[2]

## 1.2 Proces zdrobňování

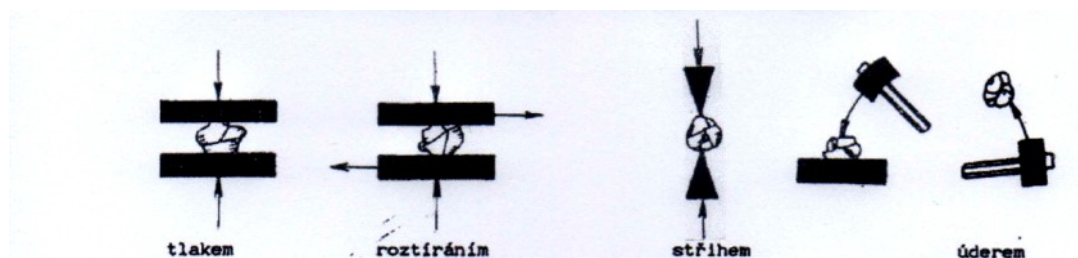
Procesy zdrobňování, drcení a mletí se od sebe principiálně neliší. V praxi se vychází obvykle z velikosti zrn nebo částic v získávaném produktu. Projevují se však rozdílné požadavky a zvyklosti různých průmyslových oborů. Obvykle se za hranici mezi drcením a mletím považuje velikost zrn 1 až 3 mm, v normách nejčastěji velikost zrn kolem 1 mm. Klasifikace zdrobňování podle velikosti produktů získaných při drcení a mletí viz tabulka 1.

Tabulka 1.

Způsob rozpojení		Velikost rozpojovaných zrn
1.	Hrubé drcení	větší než 125 mm
2.	Střední drcení	větší než 25 mm
3.	Jemné drcení	menší než 25 mm
4.	Mletí	menší než 1,25 mm
5.	Jemné mletí	menší než 0,08 mm

### 1.3 Způsoby drcení

Podle charakteru zdrobňované suroviny a požadavků na produkty volíme způsoby drcení a mletí. Při samotném procesu drcení (zdrobňování) je materiál drcen a rozrušován působením vnějších sil, přičemž se nejvíce uplatňuje namáhání tlakem a smykem. Z části jsou kusy namáhány i na ohyb. Namáhání na ohyb se uplatňuje obvykle jen v malé míře. Zdrobňované materiály jsou v pracovním prostoru drtičů a mlýnů rozmačkávány, roztírány, nebo štěpeny tlakem, smykem, úderem, nebo nárazem. Základní způsoby zdrobňování jsou znázorněny na obr. 1.[3] Zdrobňování můžeme provádět za sucha nebo za mokra.



Obr. 1 Základní způsoby zdrobňování [13]

### 1.4 Stupeň zdrobnění

Stupeň zdrobnění je jednou z hlavních charakteristik drtičů a mlýnů. Stupeň drcení vyjadřuje poměr zrnitosti vstupního materiálu k zrnitosti produktu. Ke stanovení stupně zdrobnění tedy musíme charakterizovat materiál z hlediska jeho zrnitostního složení před zdrobňováním a po zdrobňování. Stupeň drcení je dán vztahem:

$$s = D / d$$

kde  $D$  je průměr největších zrn v přívodu,

$d$  je průměr největších zrn v produktu zdrobňování.



U takto stanoveného stupně zdrobnění je v praxi obtížné určení největších zrn, případně stanovení rozměru zrna, který by měl odpovídat jeho průměru. Velikost zrn nepravidelného tvaru nelze exaktně definovat. V praxi se velikost zrn určuje obvykle pomocí sít. Proto někteří autoři doporučují dosazovat do vzorce pro výpočet stupně zdrobnění velikost otvoru síta., kterým propadne  $t$  [%] zdrobňovaného materiálu nebo produktu zdrobňování. Stupeň zdrobňování určuje vztah:

$$s = D_t / d_t$$

kde  $D_t$  je velikost otvorů síta, kterým propadne  $t$  % zdrobňovaného materiálu,  
 $d_t$  je velikost otvorů síta, kterým propadne  $t$  % produktu zdrobňování.

Pro procesy drcení se používá hodnota  $t = 80$  % a pro mletí hodnota  $t = 95$  %. Velikost otvorů sít, kterými propadá 80 nebo 95 % materiálu nebyla vybrána náhodně. Praxe ukázala, že rozměry největších kusů, které představují jen malou část materiálu (ne více jak 20 % pro produkty drcení a ne více jak 5 % pro produkty mletí), necharakterizující jeho velikost. Velikost materiálu před a po zdrobnění je možno charakterizovat rovněž střední velikostí zrna. Střední velikost zrna se vypočte váženým průměrem hodnot udávajících střední hodnoty tříd z provedeného zrnitostního rozboru přívodu a produktu zdrobňování. Stupeň zdrobnění se vypočte jako poměr:

$$s = D_m / d_m$$

kde  $D_m$  je střední velikost zrna materiálu před zdrobněním,  
 $d_m$  je střední velikost zrna materiálu po zdrobnění.

Stupeň zdrobnění má v praxi velký význam. Velký stupeň drcení je výhodný, poněvadž umožňuje rozdrcení materiálu v jednom drtiči. Obvykle se však maximálního stupně zdrobnění nevyužívá, neboť při vyšším stupni drcení výkony zdrobňovacích strojů prudce klesají.[2]

U moderních drtičů a mlýnů se může stupeň drcení a mletí ve stanoveném rozmezí měnit. Zvětší-li se stupeň drcení nad stanovenou mez, výkonnost drtiče rychle klesá. Velký stupeň drcení, nebo mletí je výhodný, neboť umožňují rozpojení nerostné suroviny na požadovanou velikost v menším počtu drtičů. V tabulce 2 jsou uvedeny informativní stupně drcení a mletí vybraných zařízení.[3]

Tabulka 2. Stupeň zdrobnění drtičů a mlýnů

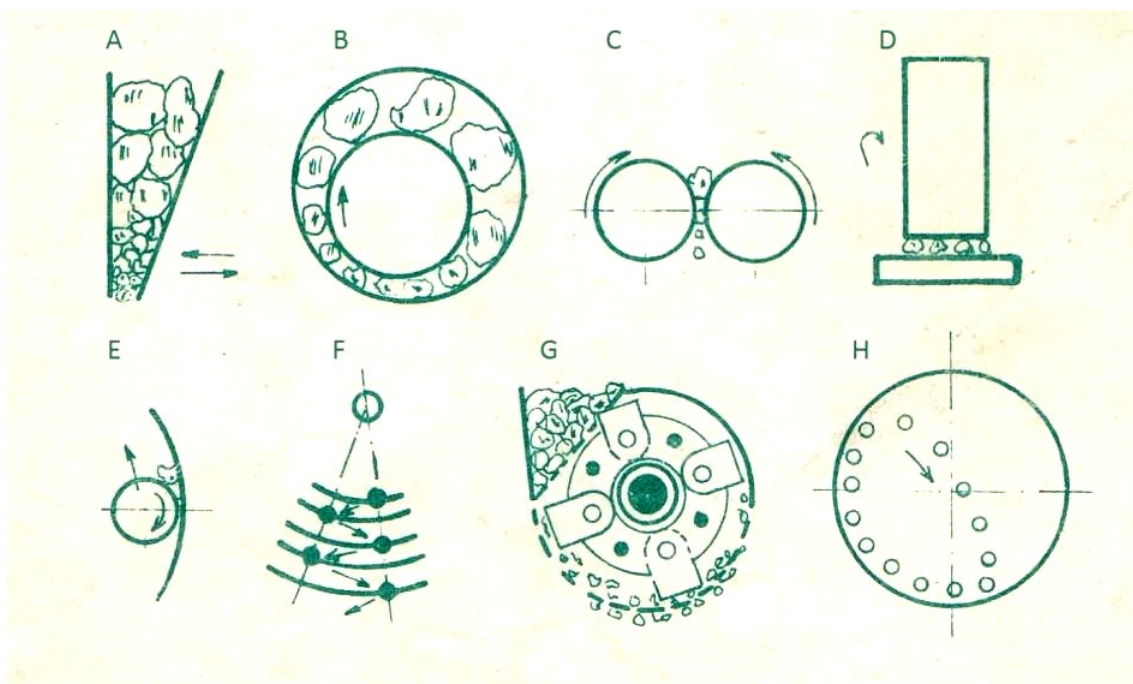
Název zařízení	s
Čelistové drtiče	až 6
Kuželové drtiče	až 7
Kuželové drtiče tupouhlé	až 20
Válcové drtiče s hladkými válci	až 4
Válcové drtiče s ostatními válci	až 10
Kladivové drtiče jednomotorové	až 15
Odrázové drtiče a mlýny	až 40
Tyčové mlýny	až 30
Kulové mlýny	až 100
Autogenní mlýny	až 200

## 2 DRTIČE A MLÝNY

Od minulosti až po současnost došlo k vytvoření velkého počtu typů drtičů a mlýnů. Některé z nich prokázaly obzvláštní přednosti při rozpojování některých nerostných surovin, a proto jsou s oblibou používány při jejich úpravě. Zařazování drtičů do skupin v závislosti na jejich vhodnosti pro drcení určitých surovin, anebo podle rozměrů vstupních zrn z drtičů, činí potíže a není jednoznačné. Proto si při popisu drtičů všímáme podstatných konstrukčních znaků, které jsou určující pro jejich zařazení do některé ze skupin drtičů. Ve stručných poznámkách informujeme o jejich vhodnosti pro rozpojování některých nerostných surovin. V závislosti na konstrukčním řešení, členíme drtiče do těchto skupin:

- Čelistové
- Kuželové
- Válcové
- Kladivové
- Odrázové
- Metací
- Speciální

Na obr. 2 jsou uvedeny principiální schémata drtících a mlecích strojů.[3]



Obr. 2. Schémata drtících a mlecích strojů [3]

Schéma:	A - Čelistový drtič;	B - Kuželový drtič;
	C - Válcový drtič;	D - Kolový mlýn;
	E - Prstencový mlýn;	F – Desintegrátor;
	G - Kladivový mlýn;	H - Kulový mlýn

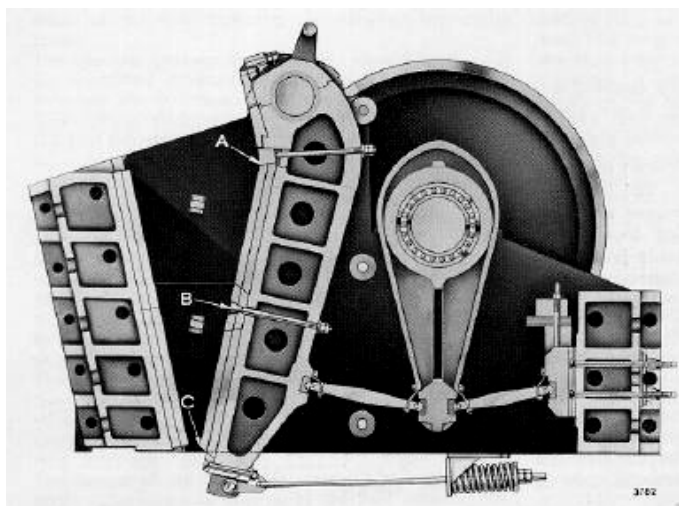
## 2.1 Drtiče a mlýny nerostných surovin

### 2.1.1 Čelistové drtiče.

Čelistové drtiče se používají pro hrubé a střední drcení tvrdých a houževnatých surovin. Materiál je drcen tlakem, z části též lámáním, nebo roztíráním, v prostoru mezi pevnou a pohyblivou čelistí. Hlavními typy čelistových drtičů jsou dvojvzpěrný a jednovzpěrný čelistový drtič. Dvojvzpěrné čelistové drtiče s horním uchycením pohyblivé čelisti (obr. 3) jsou používány nejčastěji v prvním stupni drcení.

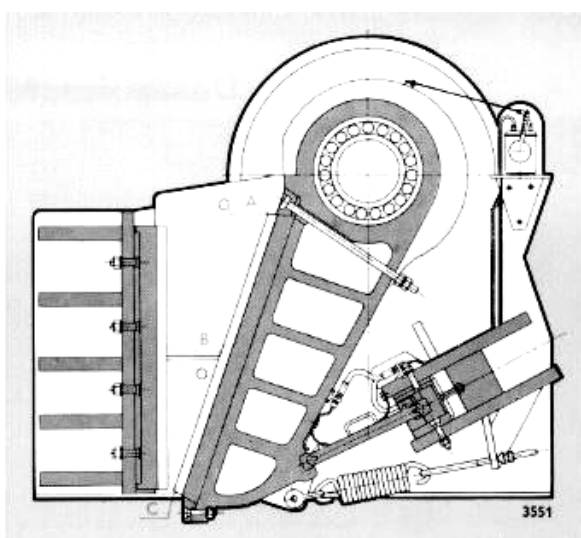
Hornina nacházející se v drticím prostoru je zdobňována v průběhu pohybu pohyblivé čelisti proti pevné čelisti. V době kdy se čelisti od sebe vzdalují, postupuje drcená hornina dolů k výpustné šterbině. Spodní okraje čelisti se střídavě přibližují a vzdalují, což usnadňuje výpad podrcené suroviny. Šířka výpustné šterbiny se může v

určitému rozsahu měnit, což umožňuje získávat produkt požadované zrnitosti. Výkony největších dvojvzpěrných čelistových drtičů dosahují až  $1\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ . K výhodám drtičů s horním uchycením pohyblivé čelisti patří, jednoduchá konstrukce, snadná údržba a obsluha. Nevýhodou je nerovnoměrné namáhání drtiče způsobující otřesy a vibrace což vyžaduje masivní základy těchto strojů.[2]



obr. 3. Dvojvzpěrný čelistový drtič (Svedala-Arbra) [2]

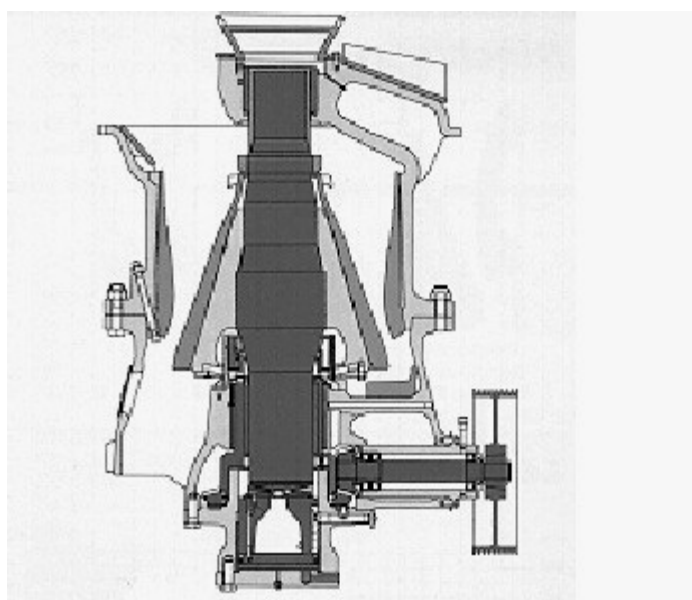
Jednovzpěrné čelistové drtiče (obr. 4) se používají pro primární drcení hornin s pevností v tlaku do 350 MPa a pro drcení ve druhém stupni. Jednovzpěrné čelistové drtiče se od dvojvzpěrných drtičů liší složitým pohybem pohyblivé čelisti. Pohyblivá čelist je uchycena přímo na hnacím, výstředníkovém hřídeli. Jednovzpěrné čelistové drtiče se uplatňují především při středním drcení hornin na velikost zrn 30 až 20mm.[2]



Obr. 4. Jednovzpěrný čelistový drtič (Svedala-Arbra) [2]

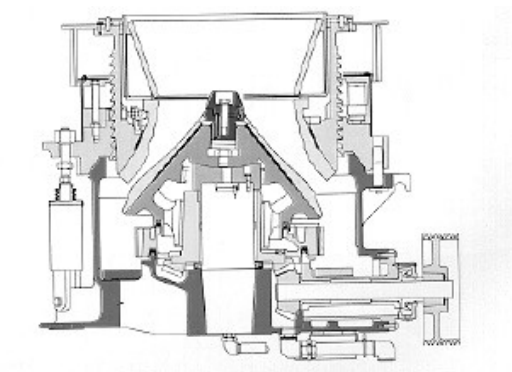
### 2.1.2 Kuželové drtiče

Kuželové drtiče se používají pro hrubé, střední a jemné drcení velmi pevných a obtížně drtitelných hornin. V kuželových drtičích je materiál zdrobňován mezi otáčejícím se drtícím kuželem nepohyblivým drtícím pláštěm. Podle tvaru drtícího kužele se kuželové drtiče dělí na ostroúhlé a tupouhlé. Ostroúhlé kuželové drtiče se používají k hrubému a střednímu drcení těžce drtitelných materiálů. Materiál se drtí v prostoru mezi otáčejícím se komolým kuželem s ostrým vrcholovým úhlem a drtícím pláštěm kónického tvaru (obr. 5). Způsob drcení v ostroúhlém kuželovém drtiči je podobný drcení v čelistových drtičích, avšak jejich práce je klidnější a dosahují většího výkonu. Předností ostroúhlých kuželových drtičů je rovněž příznivější tvar zrn produktu.[2]



Obr. 5. Kuželový drtič ostroúhlý (Lokomo) [2]

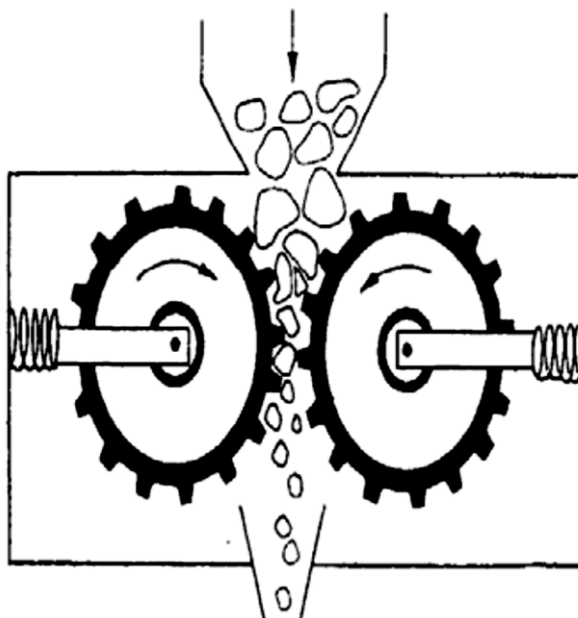
V tupouhlých kuželových drtičích (Obr. 6) se materiál drtí podobně jako v drtičích ostroúhlých. Tupouhlé kuželové drtiče se od kuželových drtičů liší tvarem drtícího kužele a tvarem a polohou pevného drtícího pláště. Vrchol kuželové plochy drtícího pláště je, na rozdíl od drtičů ostroúhlých, nahoře. Toto rozdílné uspořádání spolu s větší výstředností hlavního hřídele je rozhodujícím faktorem drcení v tupouhlých, kuželových drtičích. Na rozdíl od ostroúhlých, kuželových drtičů se tupouhlé kuželové drtiče používají jen při středním a jemném drcení.[2]



obr. 6. Kuzelový drtič tupouhlý Omnicone SX (Bergeaud) [2]

### 2.1.3 Válcové drtiče

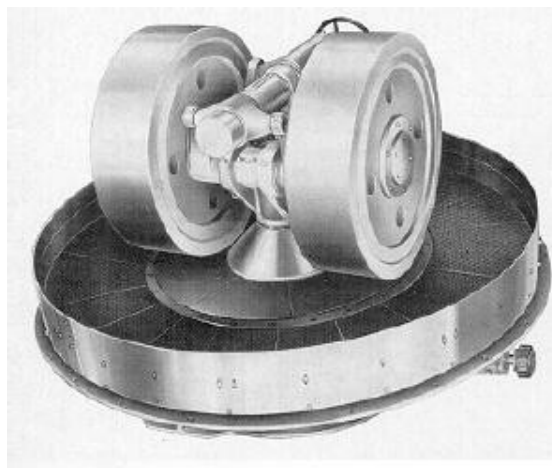
Válcové drtiče (obr. 7) zdrobňují materiál nejčastěji mezi dvěma proti sobě se otáčejícími válci. Povrch válců může být hladký, rýhovaný, ozubený nebo ostnatý. V praxi se používají různé typy válcových drtičů lišících se počtem válců i technologickými vlastnostmi. Dvouválcové drtiče s hladkými válci se uplatňují při středním a jemném drcení žáruvzdorných a keramických surovin i s větším obsahem vody. Dvouválcové drtiče s ozubenými válci se uplatňují při hrubém a středním drcení snadno až středně drtitelných surovin. Válcové drtiče mají jednoduchou konstrukci a jsou provozně spolehlivé. Nevýhodou je poměrně malý stupeň drcení.



Obr. 7. Schéma válcového drtiče [12]

### 2.1.4 Kolové mlýny

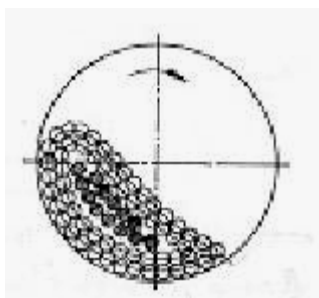
Kolové mlýny se používají pro suché i mokré mletí. Mlýny jsou osvědčené, jednoduché konstrukce, spolehlivé v provozu, nenáročné na obsluhu a údržbu. Při výrobě jemné keramiky slouží kolové mlýny na suché mletí pro přípravu surovin. Mlýny zdrobňují keramické suroviny tlakem dvou otočně uložených běhounů, které se odvalují po mlecí dráze (obr. 8). Kolové mlýny pro mokré mletí slouží nejčastěji pro přípravu cihlářské suroviny. [2]



Obr. 8. Kolový mlýn MKS (Přerovské strojírny) [2]

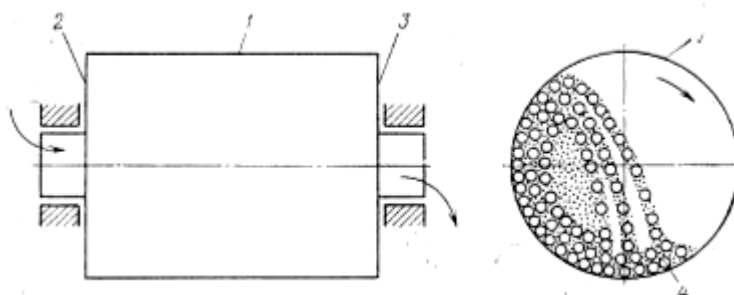
### 2.1.5 Kulové mlýny

Kulové mlýny jsou nejvíce rozšířené zdrobňovací zařízení pro mletí nerostných surovin a cementu. Kulové mlýny se nejčastěji vyrábějí ve tvaru bubnu nebo válce. Uvnitř jsou zčásti zaplněny volnými mlecími tělesy. Při otáčení mlýna jsou mlecí koule působením odstředivé síly vynášeny vzhůru a po dosažení určité výšky odpadají. Materiál je padajícími a převalujícími se koulemi rozemílán úderem, tlakem a roztíráním. Při relativně nízkých otáčkách se mlecí tělesa převalují a materiál je rozemílán hlavně roztíráním. Tento kaskádní způsob mletí se využívá při jemném mletí (obr. 9).



obr. 9. Kaskádní způsob mletí [2]

Při kataraktním mletí se projevuje zejména účinek jednotlivých z větší výšky, padajících koulí (obr. 10.). Uplatňuje se především zdrobňování úderem. Tento režim je využíván při mletí hrubozrnnějších materiálů.[2]



obr. 10. Kataraktní způsob mletí [2]

## 2.2 Drtiče a mlýny pro zpracování obilovin

Mletí obilovin je složitý proces, jehož úkolem je co nejúplněji oddělit obalové vrstvy od endospermu a rozmělnit endosperm na jemné podíly, předepsané granulace. Celý proces probíhá postupně, šetrným způsobem a skládá se z několika základních technologických etap (chodů, pasáží), zahrnující vždy jednu drtící operaci s následným tříděním meliva podle velikosti a podle jakosti. Proces mletí obilí se musí usměrňovat tak, aby do jedlých výrobků přešla co největší část jádra a co nejméně ostatních složek obilky a naopak, aby otruby obsahovaly co nejmenší podíl jádra.

V současné mlýnské technologii se rozlišují dva základní způsoby mletí obilí:

- mletí na mouku - při čemž je technologický proces veden k získání maximálního množství mouky
- mletí na krupici - kdy je technologický proces usměrňován k získání maximálního množství krupic, které se dále čistí, luští a vymílají

### 2.2.1 Válcové mlýny a mačkače

Válcový mačkač slouží k mačkání obilovin pomocí válců. Stroj lze použít jak samostatně, tak i do kompletní technologické linky malé výroby krmných směsí. Stroj je opatřen násypkou, jako mačkáci ústrojí slouží dvojice válců (popř. trojice válců pro tzv. kulatá zrna - kukuřice, hrách, bob, apod.).[5]



Válcový mlýn funguje jednoduše – zrno se sype ze shora, mačká se mezi dvěma protiběžnými válci a rozdrčené propadá níže, na síta nebo do dalších válců. Problém a nevýhoda těchto mlýnů je právě v tom rozmačkání. Vnitřní škrobová dužina zrna se nadrtí dobře, ale vnější slupka se drtí hůře, takže zůstane ve větších kusech. Výhodou válcových mlýnů je rychlost mletí.

## **2.3 Drtiče a šrotovníky pro zpracování biomasy**

### **2.3.1 Šrotovníky na slámu**

Kladívkový přisávací šrotovník je vhodný pro šrotování slámy a sena pro proces briketování nebo peletizace. Na šrotovníku lze zpracovat také obilí, digestát, dřevní štěpku a další suroviny o vlhkosti až 20%. Nejčastěji se používá jako druhá etapa po vstupním šrotování. Výkon je závislý na druhu šrotované suroviny, vlhkosti, délce frakce a velikosti použitého síta.[5]

### **2.3.2 Granulátory**

Granulátory jsou určeny pro výrobu pelet ze slámy, sena, odvodněného digestátu a dalších surovin o vlhkosti až 20%. Unikátní konstrukce dělené ploché matrice a rolen s nízkým příkonem elektromotoru je patentována [5].



Obr. 11. Granulátor [5]

### **2.3.3 Extrudéry**

Tyto jednošnekové extrudéry na bázi suché extruze jsou určeny pro zpracování především sojových bobů, ale lze je používat i na zpracování jiných olejnin a směsí obilovin. Působením tlaku a teploty uvnitř válce se šnekem dochází k želatinaci škrobu a denaturaci bílkovin. Jejich výhodami jsou, nahřívání koncové hlavy extrudéru při extruzi

sóji, možnost osazení maticí pro různé tvary produktu, dělené komory pro rychlou demontáž a taktéž plná automatika řízení.[5]



Obr. 12. Extruder [5]

## 2.4 Drtiče a šrotovníky na zpracování odpadu

### 2.4.1 Štěpkovač

Díky štěpkovačům vznikne během pár okamžiku z hromady větví výborný materiál vhodný pro kompostování nebo k mulčování. Materiál je drcen ocelovými noži, které jsou přišroubovány na hlavní unášecí kotouč. Speciální tvar tohoto kotouče umožňuje samopodávací funkci materiálu, což znamená, že jakmile je materiál stržen do drtícího ústrojí, projde jím bez námahy sám, bez pomoci obsluhy. Drtič zahradního odpadu je výborným pomocníkem (obr. 13). Štěpkovače se zahrnují také do kategorie drtičů, ale používají se k rozmělnění velmi tuhých a rozměrných větví, jež by klasický drtič nezvládl rozměnit. Štěpkování zajišťuje ozubené kolo, které velké větve nakouskuje na malé štěpky. Jako zajímavé lze hodnotit řešení některých výrobců, kdy je v konstrukci drtiče použito korunkového nože. Takový drtič dosahuje kvalitnějších pracovních výkonů a korunka na unášecím kotouči zlepšuje funkci samopodávání materiálu [15].



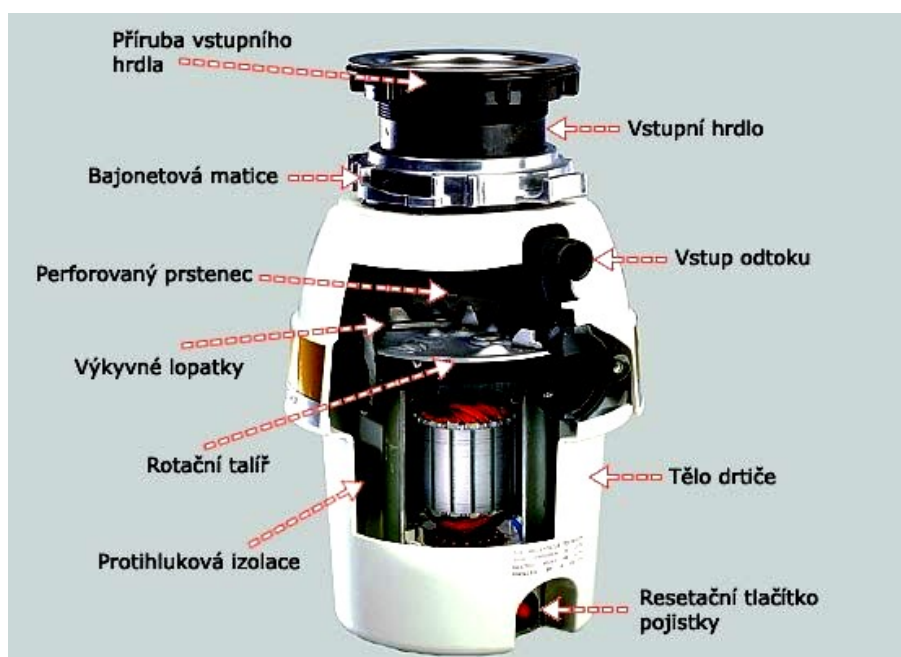
Obr. 13. Štěpkovač [15]

## 2.4.2 Drtič kuchyňského odpadu

Drtič odpadu pracuje na principu odstředivé síly, která protlačuje drcený odpad drtícím prstencem a rozdrcený odpad je odplavován proudem tekoucí vody. Pro drcení odpadu je proto zapotřebí zajistit průtok vody drtičem. Voda odplavuje rozmělněný odpad do odpadního potrubí, v lepším případě do myčky na nádobí. Umístění drtiče pod dřez místo klasického sifonu je v tomto případě účelné, je tím jednoduchým způsobem zajištěn zdroj vody pro drcení. Funkce dřezu se instalací drtiče nijak neomezí.

Odpad určený k drcení je splachován z dřezu do hrdla drtiče, kterým propadne až do drtící komory na rotující talíř. Rotující talíř s výkyvnými lopatkami zajistí, vlivem odstředivé síly, nahazování odpadu na perforovaný prstenec s hroty na vnitřním průměru. Částice menší než otvory v prstenci jsou odplaveny vodou do odpadního potrubí. Zbylý odpad rotuje po obvodu prstence, kde je dále drcen a strouhán výkyvnými lopatkami, které odpad tlačí na hroty prstence, dokud není rozdrcen na tak malé částice, které již mohou být odplaveny vodou přes díry v prstenci.

Lopatky jsou na rotačním unášecím talíři výkyvně zavěšeny. Pokud se do drtiče dostane materiál, který nelze ihned rozdrtit na malé částice (např. kosti), nedojde díky výkyvnému zavěšení lopatek k zablokování drtiče. Lopatka se před kostí vychýlí a vlivem rotace se díky odstředivé síle vrátí zpět do původní pozice.



Obr. 14. Drtič kuchyňského odpadu [11]

## 2.4.3 Nožové drtiče odpadu

### 2.4.3.1 Drtiče s rovnými noži

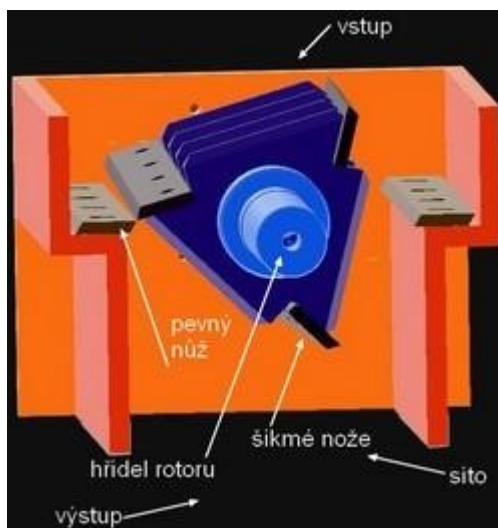
Drtiče s rovnými noži jsou vybaveny rotorem, na kterém jsou umístěny nože v kolmé přímce ke svislici stroje. Ke stříhu, drcení tak u tohoto principu dochází za pomoci kolmo na sebe umístěných nožů. Při vývoji jsme v minulosti objevili nový princip, kde jsme rotor s rovně umístěnými noži nahradili novým rotorem se šikmo umístěnými noži. Došlo tak k výraznému výkonovému nárůstu drcení a zároveň prokazatelnému snížení hluku vlivem snížení vnitřních turbulencí při proudění vzduchu komorou. Velikost frakce nadrceného vstupního (odpadového) materiálu je dána použitým sítím, které je vyrobeno speciálně pro daný typ drtiče. Odtah nadrceného materiálu zajišťuje ventilátor s cyklónem, který je připojen na výstupní stranu výsypky (prostor pod sítím).[6]



Obr. 15. Drtiče odpadu [6]

### 2.4.3.2 Drtiče se šikmými noži

Drtiče se šikmými noži jsou vybaveny jedním rotorem se šikmými noži. Ke stříhu, drcení tak u tohoto principu dochází za pomoci šikmo na sebe umístěných nožů. Tento princip, se šikmo umístěnými noži, kde k drcení dochází gilotinovým způsobem, se projevil jako nejvhodnější. Došlo tak k výraznému výkonovému nárůstu drcení a zároveň prokazatelnému snížení hluku vlivem snížení vnitřních turbulencí při proudění vzduchu komorou. Velikost frakce nadrceného vstupního (odpadového) materiálu je dána použitým sítím, které je vyrobeno speciálně pro daný typ drtiče. Odtah nadrceného materiálu zajišťuje ventilátor s cyklónem, který je připojen na výstupní stranu výsypky (prostor pod sítím).[6]



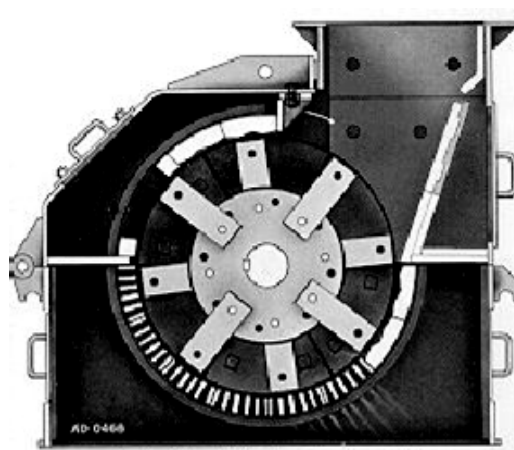
Obr. 16. Drtič se šikmými zuby [6]

### 3 KLAĐIVOVÉ DRTIČE

Kladivové drtiče se uplatňují v různých průmyslových oborech. Používají se k hrubému, střednímu i jemnému drcení snadno drtitelných až středně drtitelných hornin, jako jsou některé druhy vápenců, sedimentární železné rudy, magnezit, uhelné meziprodukty v úpravách uhlí atd. V koksovnách nahradily kladivové drtiče dříve používané dezintegrátory. Kladivové drtiče s dlouhými a lehkými kladivy se používají s úspěchem i při drcení různých odpadních surovin, jako je starý papír, dřevo, kůže, a jiné materiály.[1]

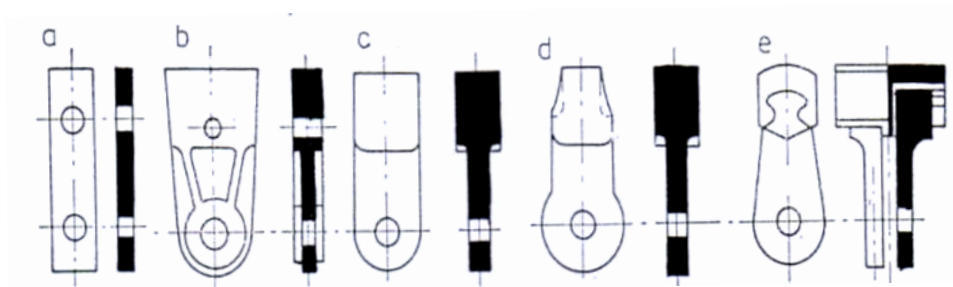
#### 3.1 Kladivové a odrazové drtiče nerostných surovin

Kladivové a odrazové drtiče drtí materiál prudkými údery kladiv nebo drtících lišt a nárazy rychle se pohybujících zrn na nepohyblivé pancéřové desky. Na rozdíl od čelistových a kuželových drtičů, ve kterých je průběh rozpadu zdrobňovaných zrn určen jejich polohou v drtícím prostoru, drtí se v úderových drtičích zrna v místech své nejmenší soudržnosti, tj. dle štěpných ploch, různých trhlin a puklin. Z tohoto důvodu bývá specifická spotřeba energie při úderném způsobu drcení menší než v čelistových a kuželových drtičích. Kladivové drtiče (obr. 17) zdrobňují horninu prudkými údery kladiv kloubovitě uchycených na rychle se otáčejícím rotoru.[2]



obr. 17. Kladivový drtič (Dragon)[2]

Působením odstředivé síly zaujímají kladiva radiální polohu a drtí zrna úderem a zčásti i nárazy na pancéřové vyložení drtiče. Pod rotorem drtiče bývá obvykle rošt, který zachycuje nedostatečně podrcená zrna v drticím prostoru. Kladivové drtiče se používají pro hrubé, střední i jemné drcení snadno až středně drtitelných hornin (některé druhy vápenců). Velké kladivové drtiče se používají v cementárnách i jako primární drtiče. Předností kladivových drtičů je jednoduchá konstrukce a vysoký stupeň drcení.

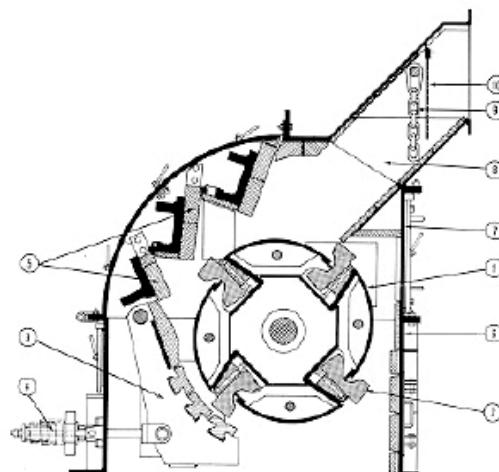


Obr. 18. Alternativní řešení různých typů drticích kladiv [1]

Odrazové drtiče (obr. 19) mají místo kloubovitě upevněných kladiv, drticí lišty pevně spojené s rotorem. Obvodová rychlost rotorů odrazových drtičů je větší než u kladivových drtičů. Zdrobňovaná zrna jsou lištami prudce vrhána na odrazové pancéřové desky. Materiál je drcen přímými úderem odrazových lišt a nárazy na odrazové desky. Odrazové drtiče nemají zpravidla spodní rošt.

K přednostem odrazových drtičů patří vysoký stupeň drcení a poměrně malá hmotnost a rozměry. Nevýhodou se jeví zejména vysoké opotřebení drticích lišt a odrazových desek. Odrazové drtiče se používají při hrubém, středním i jemném drcení kameniva a keramických materiálů.[2]





obr. 19. Odrazový drtič (Svedala-Arbra)[2]

### 3.2 Kladívkové mlýny na zpracování dřevního odpadu

Kladívkový mlýn pro drcení a roztřískování recyklovatelného dřevního odpadu různorodého původu, jako například dřevěné přepravní palety a obaly, okna, dveře a další dřevěný materiál z demolic budov, pařezy a další zbytkový materiál z lesa, průmyslový odpad apod. Pomocí kladívkového mlýna lze připravit surovinu pro energetické účely (spalování). Příklad stroje na zpracování dřevního odpadu nalezneme u kladívkového mlýna DKM 400/1500 (Obr. 20), u něhož základ tvoří šroubovaná konstrukce. Otevírání těžkého horního krytu probíhá pomocí hydrauliky. Hřídel s ložisky je uložena v ložiskových domcích. Drtící komora je obložena hardexovými deskami, které jsou vyměnitelné stejně jako všechny další opotřebovávané části stroje.[8]



Obr. 20. Kladívkový mlýn DKM 400/1500 [8]

### 3.3 Kladívkové drtiče zpracovávající odpady potravinářského průmyslu

Recyklace potravinářských odpadů je velmi důležitá, protože jde převážně o organický odpad, který tvoří cennou druhotnou surovinu vhodnou především na biochemické zpracování. Je možné jej použít i na krmiva pro dobytek.

Odpady z potravinářského průmyslu můžeme zužítkovat takto:

- zpracováním na krmiva,
- zpracováním na aditiva do potravin,
- zpracováním na různé průmyslové výrobky (peří, kůže, rohovina, atd.),
- jako živiny (substráty) na kultivaci mikroorganismů
- na kompost a hnojivo [10].

### **3.3.1 Kladívkové šrotovníky pro mletí surovin do krmných směsí**

#### **3.3.1.1 Horizontální**

Kladívkové šrotovníky SKIOLD jsou ideálně vhodné pro mletí surovin a přípravu krmných směsí, a jsou dodávány včetně integrovaného ventilátoru. Tento ventilátor zajišťuje tok materiálu a jeho další výhodou je chlazení šrotu. Jednoduchá a robustní konstrukce mlýna umožňuje jeho zabudování do většiny stávajících systémů. Všechny opotřebitelné díly šrotovníku jsou snadno vyměnitelné. Ke šrotovníkům je k dispozici široká nabídka příslušenství, díky kterému lze šrotovníky kombinovat s ostatními stroji SKIOLD a kompletovat je do výroben krmiv nebo mísíren.[9]



Obr. 21. Kladívkový šrotovník SKIOLD [9]

#### **3.3.1.2 Vertikální**

Kladívkový šrotovník AMA je určen pro zpracování zrn z kukuřice, pšenice, ovsa, ječmene, rýže, dále na fazole, kaštiny a jiné plodiny. Není určen pro zpracování olejnin. Získaný produkt je hodnotným krmivem pro krávy, prasata, slepice, králíky a další hospodářská zvířata. Speciální motor s nuceným chlazením, tepelná ochrana proti přehřátí.





Obr. 22. Kladívkový šrotovník AMA [14]

#### 4 Konstrukční návrh drtiče obilovin, suchých zbytků pečiva a kostí

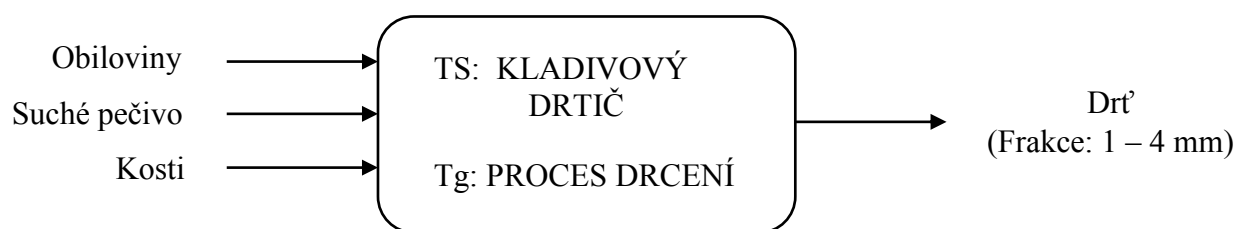
Na začátku konstrukčního procesu jsem využil metodického postupu konstruování a ze zadání bakalářské práce jsem specifikoval požadavky a uspořádal je do požadavkového listu, kde mě tento výčet informuje o základních podmínkách, které charakterizují konstruovaný drtič. Následně jsem definoval počáteční a koncový transformační proces za pomoci černé skříňky a zhotovil funkční strukturu, tam jsou uvedeny dílčí funkce, které musí splňovat daný systém. Tyto funkce jsou dále rozvedeny v morfologické matici.

## 4.1 Požadavkový list

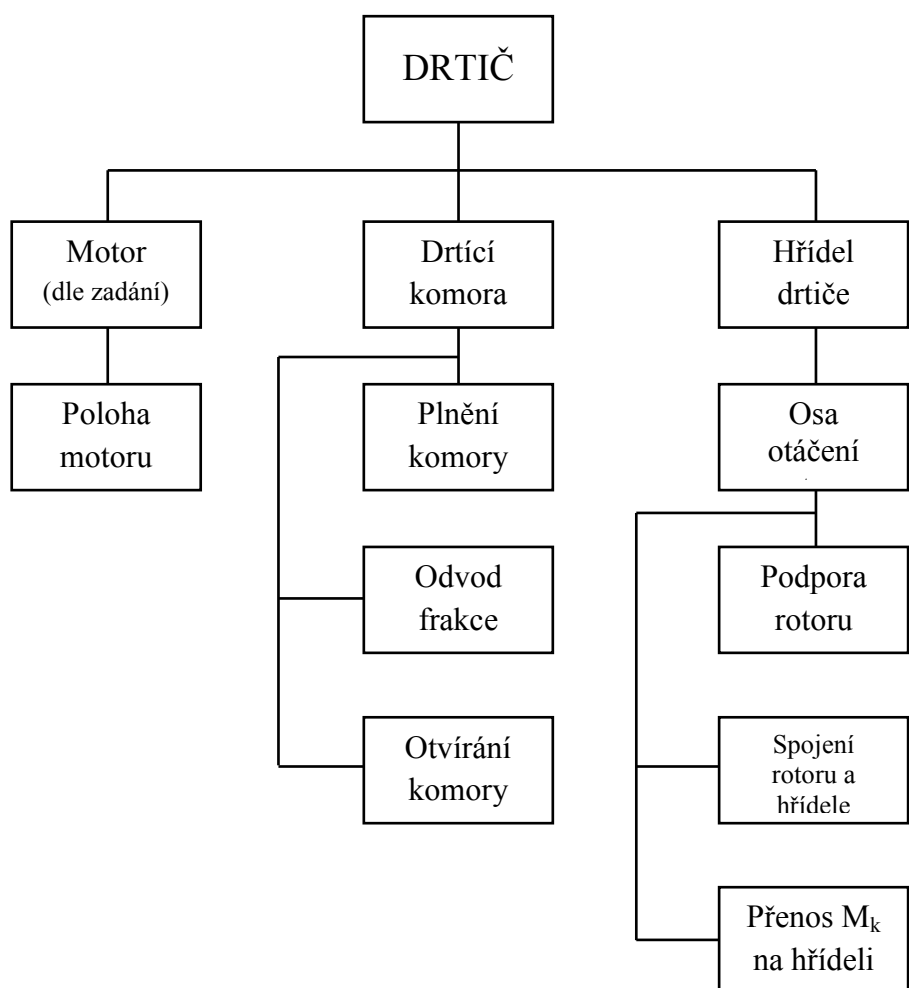
SPECIFIKACE POŽADAVKU:	Podmínka	Přání
<b>FUNKCE, ÚČINKY A FUNKČNÍ PARAMETRY:</b>		
Proces drcení:		
- Vstupní materiál:		
- obiloviny	X	
- suché pečivo	X	
- kosti	X	
- Výstupní materiál:		
- frakce 1 – 4 mm	X	
<b>Drtič:</b>		
- Objem komory: $V = \text{cca } 10 \text{ l.}$	X	
- Výkon drtiče: $Q = \text{cca } 100 \text{ kg / h}$	X	
- Pohon drtiče: asynchronní motor	X	
- Mobilita:		
- snadné čištění komory	X	
- výměna často opotřebovávajících částí	X	
<b>PROVOZ:</b>		
- Prostředí: nečisté	X	
- Četnost použití: střední		
<b>ERGONOMIE:</b>		
- Vysoká stabilita – bezpečnost proti převržení	X	
- Bezpečnost proti poranění	X	
<b>VZHLED:</b>		
- Uspokojivý tvar		X
- Povrch: odolný proti povětrnostním vlivům		X
<b>DISTRIBUCE A MANIPULACE:</b>		
- Snadné přemísťování		X
<b>PŘEDPISY A NORMY:</b>		
- Bez porušení patentových práv	X	

- Bez zvláštních předpisů a norem	x	
Ekonomie:		
- S ohledem na výrobní náklady		x

## 4.2 Transformační proces



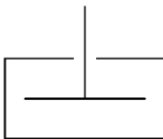
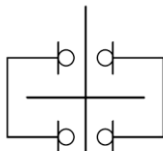
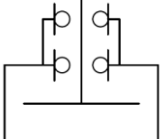
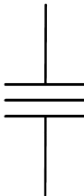
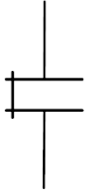
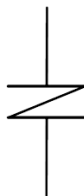
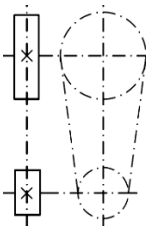
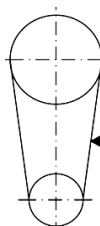
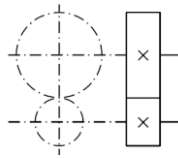


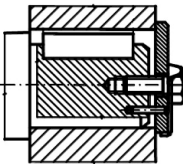
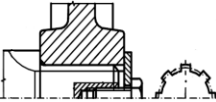
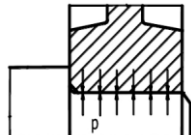
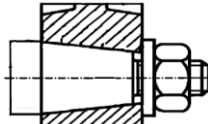
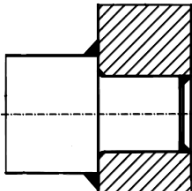
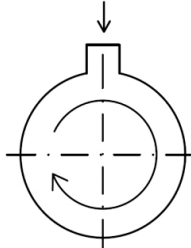
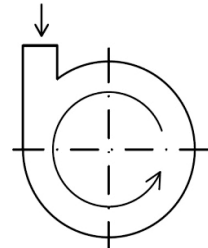
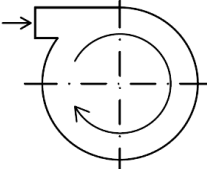
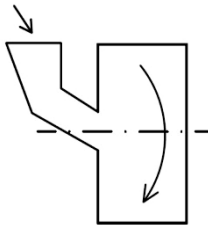
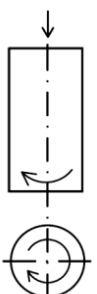
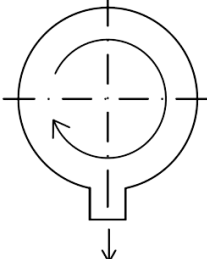
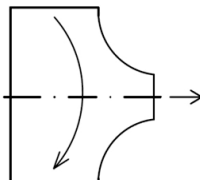
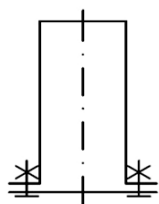
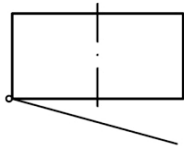
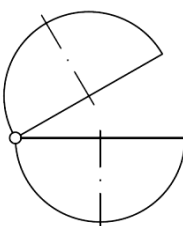
## 4.3 Funkční struktura



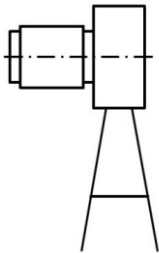
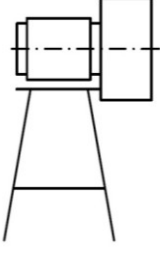
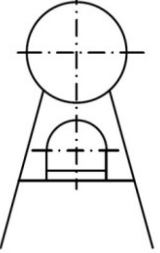
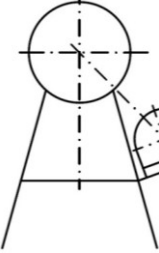
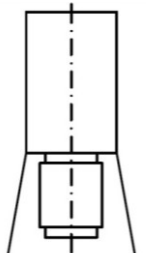
## 4.4 Morfologická matice

Hrubá stavební struktura se stanovuje pomocí morfologické matice. Úkolem morfologické matice je znázornění různých variant řešení dílčích funkcí v přehledné tabulce. Má umožnit, aby z této matice byla vybrána nejvhodnější varianta řešení, která splňuje specifikaci požadavkového listu.

DÍLČÍ FUNKCE					
Funkční principy / Orgány – Nositelé funkcí					
1	2	3	4	5	
1. OSA OTÁČENÍ ROTORU					
 <b>Horizontálně</b>	 Vertikálně				
2. PODPORA ROTORU					
 Bez podpory rotoru	 Oboustranná podpora rotoru	 <b>Jednostranná podpora rotoru</b>			
3. SPOJENÍ ROTORU A HŘÍDELE					
 Třecí spojkou	 Nehybně	 Pružnou spojkou	 Řetězovým převodem	 <b>Řemenovým převodem</b>	 Ozubeným převodem

4. PŘENOS $M_k$ NA HŘÍDELI				
				
Těsným perem	Drážkováním	Nalisovaným spojem	Svěrným spojem	Svarovým spojem
5. PLNĚNÍ KOMORY				
				
Horní	Horní mimoosé	Boční	Šikmé	Horní
6. ODVOD FRAKCE				
				
Spodní - vlastní tíhou	Boční - poháněné vzduchem			
7. OTEVŘENÍ KOMORY				
				
Rozspojením	Čelně	Odklápěním		

## 8. UCHYCENÍ MOTORU

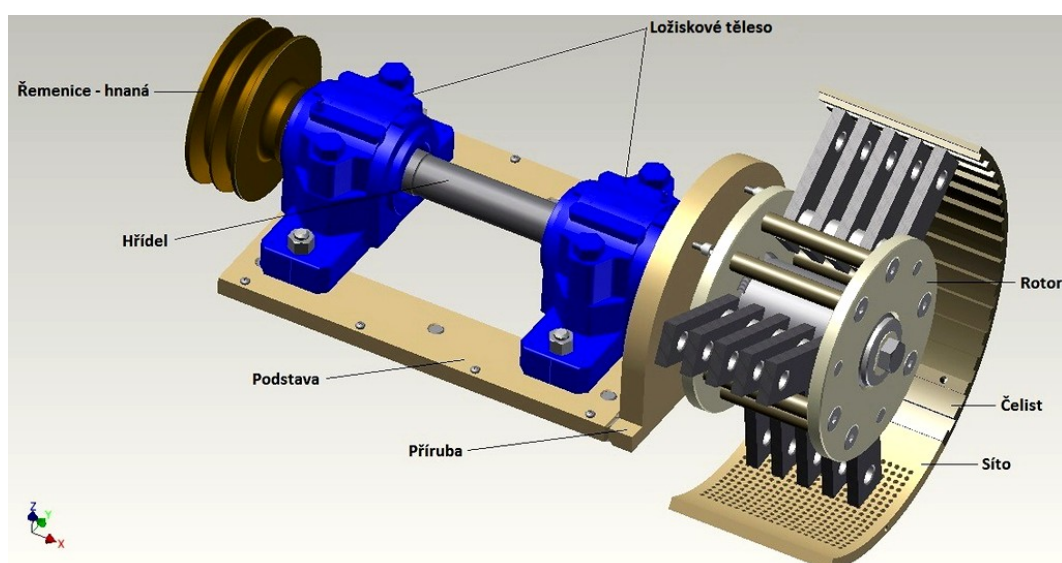
				
Přírubový motor – v ose rotoru - horizontálně	Patkový motor – v ose rotoru	Patkový motor – ve svislé ose stroje	Patkový motor – mimoose	Přírubový motor – v ose rotoru - vertikálně

## 4.5 Stavební struktura

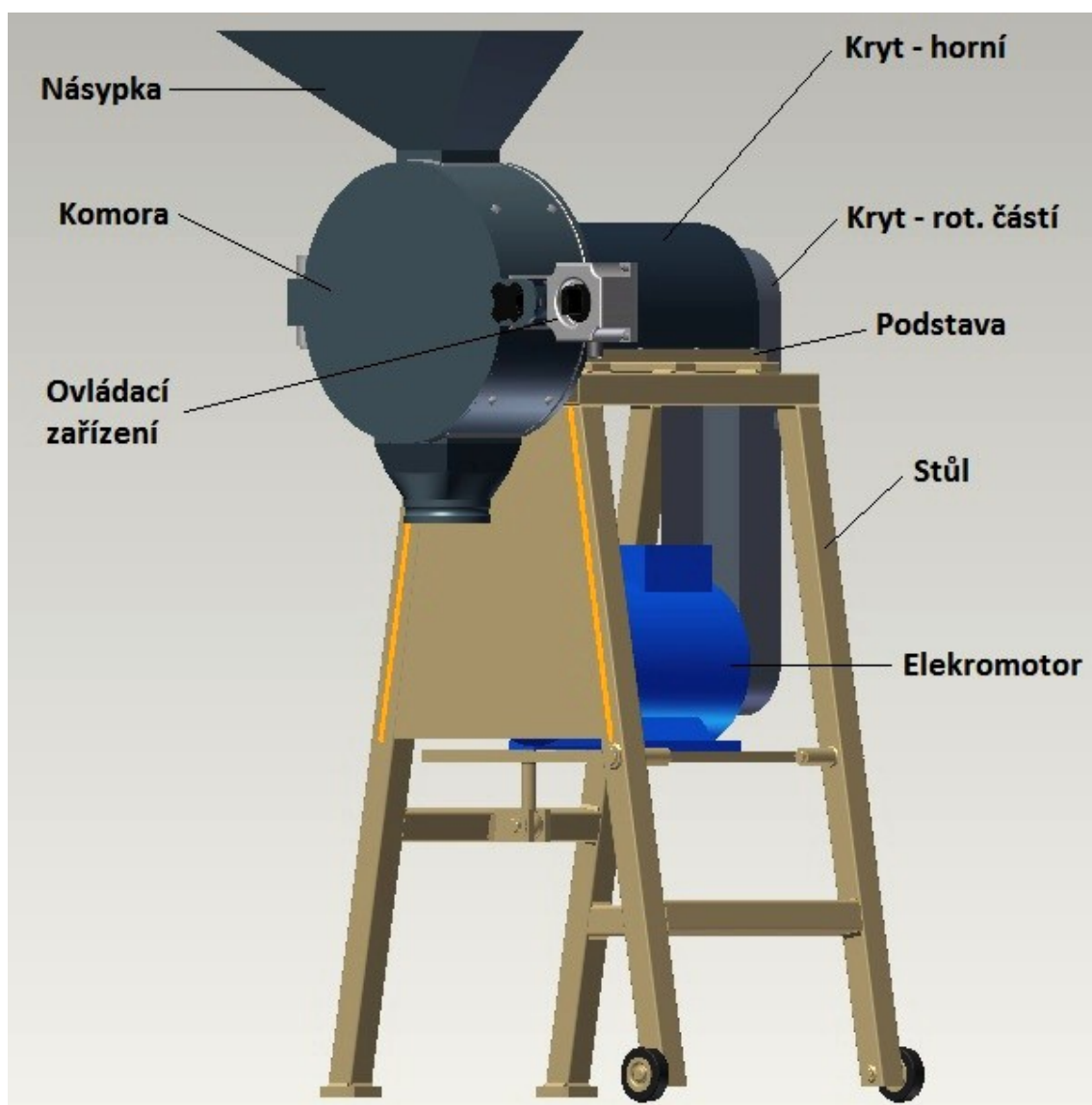
### 4.5.1 Funkce drtiče

Z elektromotoru (poz. 9), který je upevněn k desce stolu drtiče (poz. 19), se přenáší hnací síla, pomocí převodu klínovým řemenem (poz. 12), na hřídel (poz. 6). Ten je uprostřed uložen v ložiskových tělesech (domcích)(poz. 5). Ty jsou připevněny k podstavě (poz. 3) a ta ke stolu (poz 7). Na druhém konci hřídele je hnanou silou poháněn rotor (poz. 2), který má funkci drtit příslušný materiál. Rotor drtí materiál kladivý (součást rotoru), buď odstředivou, nebo ho roztírá pomocí čelistí a síta, které jsou součástí drtící komory (poz. 1). Komora je připevněna k přírubě podstavy.

### 4.5.2 Hlavní části drtiče



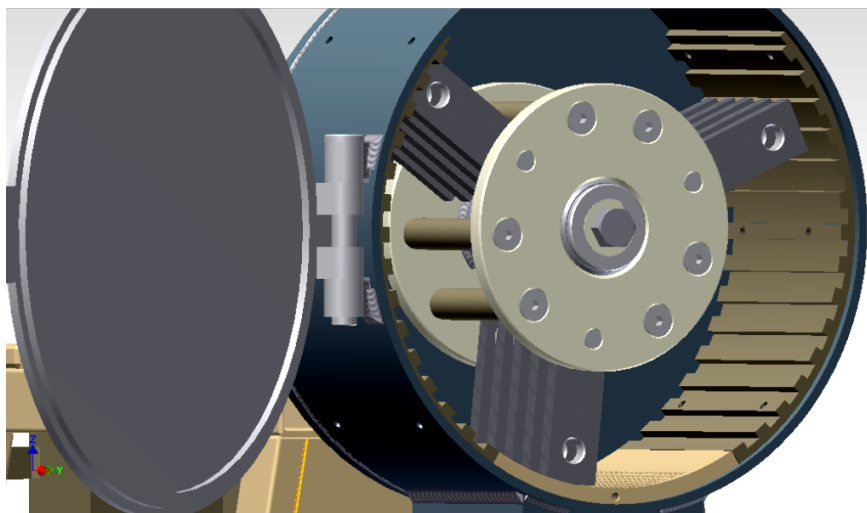
Obr. 23a. Hlavní části drtiče



Obr. 23b. Hlavní části drtiče

#### 4.5.3 Komora drtiče

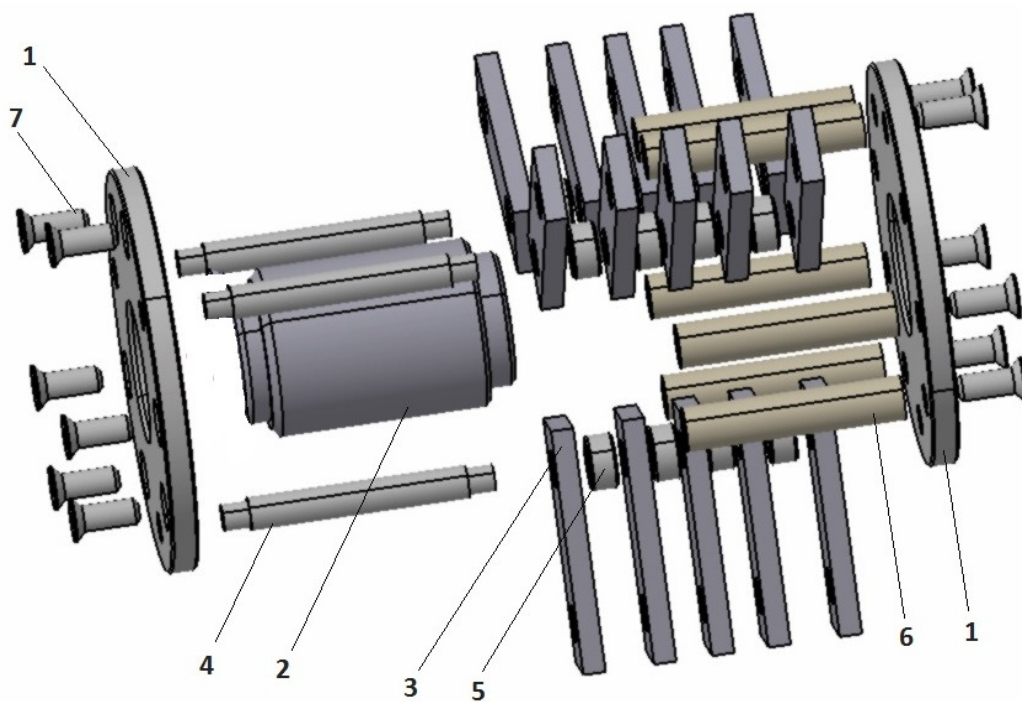
V komoře drtiče jsou po stranách dvě drtící čelisti, mezi kterými je dole vloženo síto (rošt). Síto je uloženo s minimální vůlí, aby se dalo zasouvat a vytahovat. Boky čelistí aretují síto radiálně, dno komory a víko jej drží v axiálním směru. Čelisti jsou přichyceny ke komoře drtiče šrouby, zašroubovány z venku komory. Mezi kladivy drtiče a čelistmi se sítem je drtící mezera (vůle) 1,5 mm. Závit na čele síta slouží k jeho vytahování v případě zanesení. Čelisti i síto jsou z oceli 12 020 povrchově kaleny. Víko je ke komoře připojeno čepovým spojením. Je vloženo, mezi dva na komoru navařené válečky, shora prostrčené čepem a vespod zajištěné pojistným kroužkem.



Obr. 24. Komora drtiče

#### 4.5.4 Rotor

Rotor drtiče (obr. 25) je koncipovaný tak, aby se v případě výměny kladiv, či jiné nutné údržby, nemusel sundávat z hřídele rotoru. Jedna příruba je svařena s jádrem, na osky jsou nasunuty kladiva, mezi kterými jsou vymezovací podložky. Osky jsou vsunuty do otvorů v přírubách, příruby jsou spojeny s distančními válečky pomocí šroubů se zápusnými hlavami.



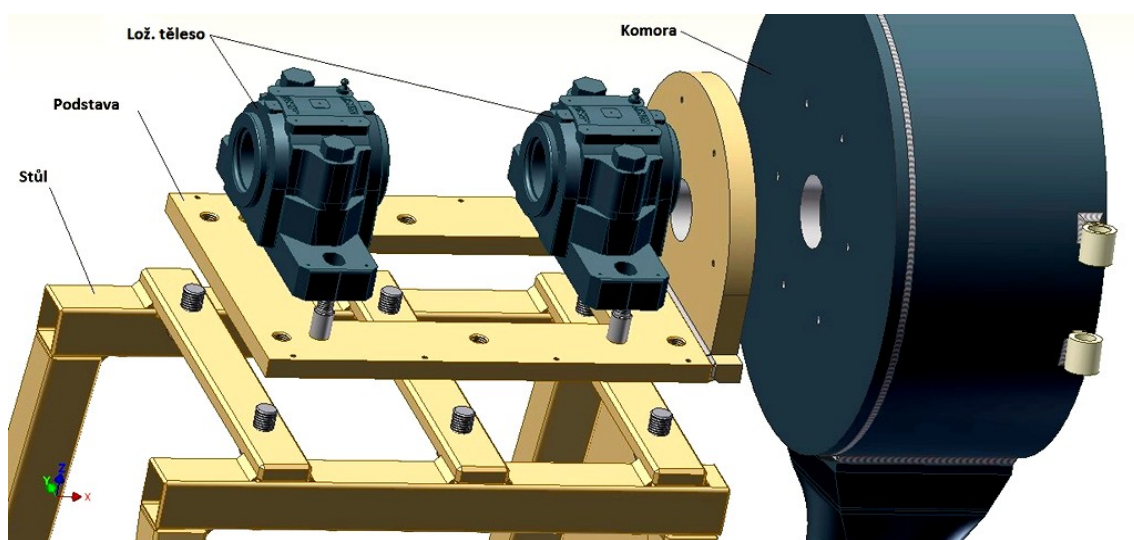
Obr. 25. Schéma rotoru drtiče

Schéma: 1 – Příruba; 2 – Jádro; 3 – Kladivo; 4 – Oska; 5 – Vymezovací podložka;  
6 – Distanční váleček; 7 – Šroub se zápusnou hlavou



#### 4.5.5 Nosné prvky drtiče

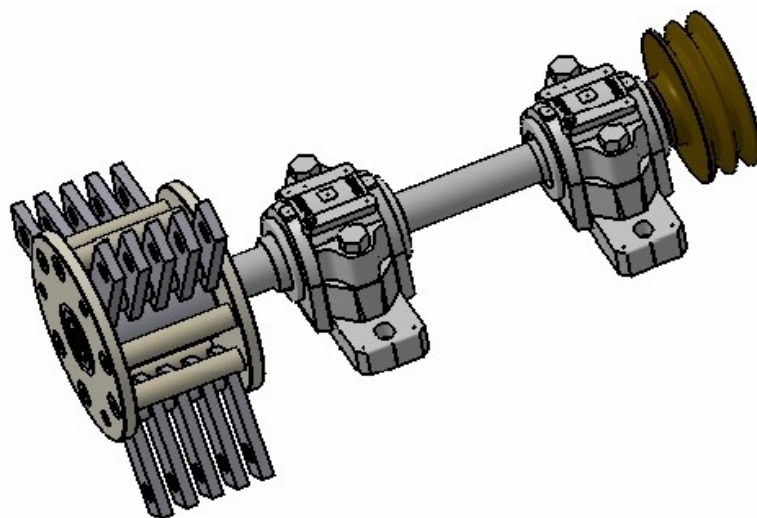
Základními nosnými prvky drtiče jsou podstava s přírubou a stůl. K podstavě, která je uprostřed odlehčena, je přivařena příruha, k ní je šrouby připevněna komora. Ložiskové jednotky (domky) jsou připevněny k podstavě přesnými šrouby, kvůli zajištění přesné polohy. Ta je jistěna tak, že šrouby jsou uchyceny kalibrickým zapuštěním v podstavě a pláští se opírají o vnější strany drážek v ložiskových domcích. Podstava je ze spodu přišroubována ke stolu.



Obr. 26. Nosné prvky drtiče

#### 4.5.6 Uložení hřídele

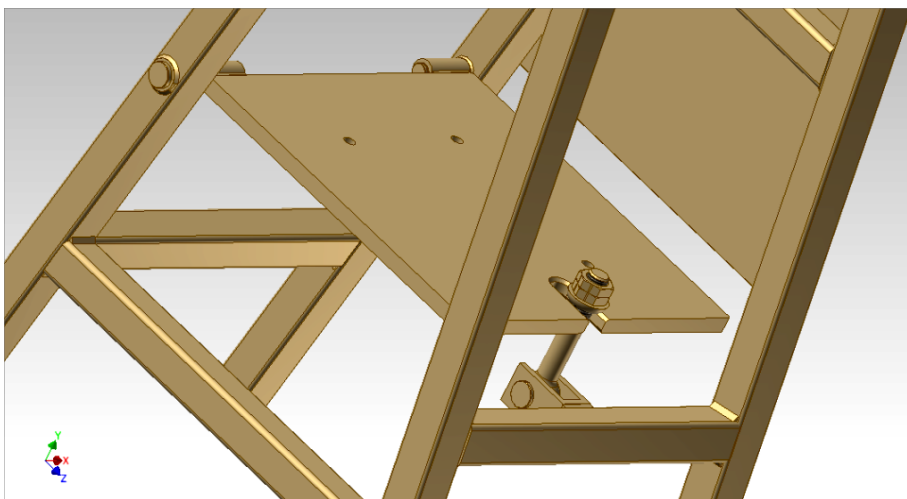
Hřídel rotoru přenáší výkon z motoru, převodem klínovým řemenem na rotor. Hřídel je z materiálu 14 220 povrchově kalen a cementován. Je uprostřed rotačně uložen v ložiskových tělesech firmy SKF [21] (katalogový list viz Příloha A), které jsou připevněny na podstavě drtiče. Tyto tělesa (domky) obsahují kuličková ložiska dvouřadá naklápěcí (Ložisko 2307 ČSN 02 4651). Krouticí moment  $M_K$  je přenášen pomocí těsného pera na řemenici i rotoru. Vzdálenost mezi ložisky v tělesech vymezuje distanční válec a vzdálenost mezi ložiskem a řemenicí distanční kroužek. Mezi rotorem a komorou a osazením hřídele je vložena distanční vložka. Tato vložka má osazení mezi rotorem a komorou s mezerou 0,1 mm, aby nedocházelo k vniknutí nečistot do prostoru mimo komoru. Slouží místo hřídelového těsnění (Guffera), které by mohlo být často zaneseno.



Obr. 27. Uložení hřídele

#### 4.5.7 Napínání řemene

Řemen se napíná šroubovým spojením desky, na které je připevněn šrouby motor, se stolem, kde je připevněn šroub v čepovém spojení. Deska motoru je spojena se stolem na opačné straně prostřednictvím dvou čepů, které jsou vsunuty, přes válečky přivařené v nohách stolu, do válečků přivařených k desce. Čepy jsou proti vysunutí zajištěny pojistnými kroužky pro hřídele.

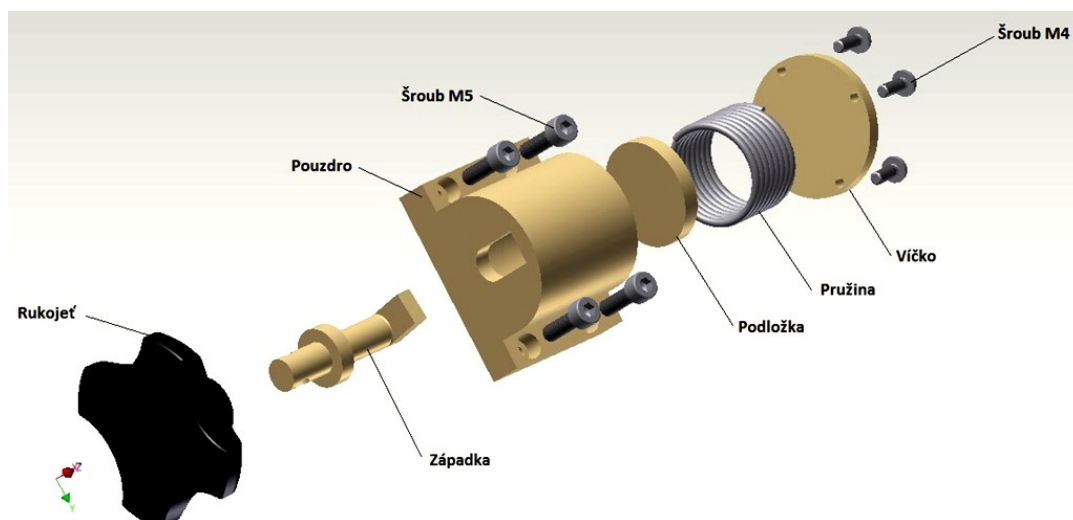


Obr. 28. Napínání řemene

#### 4.5.8 Zajištění víka

Víko je zajištěno proti otevření mechanicky. Západka, uchycená na víku komory, zapadá do otvoru v pouzdře a otočením zajistí víko proti otevření. Současně na západku tlačí, přes

podložku, síla pružiny a udržuje ji v dané poloze proti neopatrné manipulaci, aby se jednoduše neotočila do otevírací polohy.



Obr. 29. Zajištění víka

#### 4.5.9 Volba elektromotoru

Z katalogu jsem podle výsledku výpočtu pohonu (viz výpočtová část) zvolil elektromotor SIEMENS 1LA7113-4AA, 4 kW, 1440 ot. (Výkresová dokumentace elektromotoru viz Příloha B. Parametry motoru viz tab. 3.) [20].

Tabulka 3. Parametry motoru:

Jmen. výkon	Velikost	Objednací číslo	Otáčky		Parametry při jmenovitém výkonu				Poměrný záběrný moment	Poměrný záběrný proud	Poměrný moment zvratu	Momentová třída	Momentová charakteristika	Moment setrvačnosti	Hmotnost
		Označení pro napětí a tvar viz tabulka níže	Účinnost $\eta$	Účinnost $\cos \varphi$	Jmenovitý proud při 400 V	Jmenovitý moment			Mz/Mn při průměrném spouštění	Ik/In	Mmax/Mn	KL	Diagram č. (str. 16)	J kg m²	Tvar IM B3
			100%	75%	A	N m									
<b>4-pól, 1500 min<sup>-1</sup>, 50Hz</b>															
0,12	63	1LA7 060-4AB..	1350	55	54	0,75	0,42	0,84	1,9	2,8	2,0	13	12	0,0003	3,5
0,18	63	1LA7 063-4AB..	1350	60	60	0,77	0,56	1,3	1,9	3,0	1,9	13	12	0,0004	4,1
0,25	71	1LA7 070-4AB..	1350	60	60	0,79	0,76	1,8	1,9	3,0	1,9	13	12	0,0006	4,8
0,37	71	1LA7 073-4AB..	1370	65	65	0,80	1,03	2,5	1,9	3,3	2,1	13	12	0,0008	6,0
0,55	80	1LA7 080-4AA..	1395	67	67	0,82	1,45	3,7	2,2	3,9	2,2	16	3	0,0015	8,0
0,75	80	1LA7 083-4AA..	1395	72	72	0,81	1,86	5,1	2,3	4,2	2,3	16	3	0,0018	9,4
1,1	90S	1LA7 090-4AA..	1415	77	77	0,81	2,55	7,4	2,3	4,6	2,4	16	2	0,0028	12,3
1,5	90L	1LA7 096-4AA..	1420	79	79	0,81	3,4	10,1	2,4	5,3	2,6	16	3	0,0035	15,6
2,2	100L	1LA7 106-4AA..	1420	82	82,5	0,82	4,7	14,8	2,5	5,6	2,8	16	3	0,0048	21,5
3	100L	1LA7 107-4AA..	1420	83	83,5	0,82	6,4	20,2	2,7	5,6	3,0	16	3	0,0058	24,5
4	112M	1LA7 113-4AA..	1440	85	85,5	0,83	8,2	26,5	2,7	6	3,0	16	2	0,011	31,0
5,5	132S	1LA7 130-4AA..	1455	86	86	0,81	11,4	36,1	2,5	6,3	3,1	16	3	0,018	42,5
7,5	132M	1LA7 133-4AA..	1455	87	87,5	0,82	15,2	49,2	2,7	6,7	3,2	16	3	0,024	49,0
11	160M	1LA7 163-4AA..	1460	88,5	89	0,84	21,5	72	2,2	6,2	2,7	16	3	0,040	68,0
15	160L	1LA7 166-4AA..	1460	90	90,2	0,84	28,5	98,1	2,6	6,5	3,0	16	3	0,052	93,5

## 5 VÝPOČET KLADIVOVÉHO DRTIČE

### 5.1 Výkonnost kladivového drtiče

Výkonnost kladivového drtiče je sice určena ve výchozích parametrech udaných v zadání bakalářské práce, ale bude ji potřeba dále upřesnit k vzhledem k dalším navazujícím parametrům.

Nejdříve se však provede výpočet minimální relativní rychlosti, podle Kirpičevovy teorie [4], která zohledňuje mechanické vlastnosti drceného materiálu, v mém případě uvádím mechanické vlastnosti nejtvrdšího drceného materiálu dle zadání – kosti [18], a podle které se dále zvolí úhlová rychlost a otáčky motoru.

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{\sigma^2}{2 \cdot E \cdot \rho} \cdot m \quad (1)$$

po vykrácení:

$$v^2 = \frac{\sigma^2}{E \cdot \rho} \rightarrow v = \frac{\tau_k}{\sqrt{E_k \cdot \rho_k}} = \frac{58 \cdot 10^6}{\sqrt{3,5 \cdot 10^9 \cdot 2000}}$$

$$v = 21,92 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Mechanické vlastnosti kosti[19] [22]:

Napětí ve smyku:  $\tau_k = 58 \text{ MPa}$

Modul pružnosti:  $E_k = 3500 \text{ MPa}$

Měrná hmotnost:  $\rho_k = 1700 \div 2000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \rightarrow \text{volba: } \rho_k = 2000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Využitím vztahu (2) pro výpočet výkonosti kladivového drtiče [1], jsem prostřednictvím aplikace MS Excel, zvolil optimální průměr, délku a otáčky rotoru (viz tab. č. 4), tím, že jsem dosazoval do vzorce hodnoty tak, aby výsledky odpovídaly zadaným parametrům bakalářské práce. Výchozí parametry pro mne byly, výkon drtiče  $Q = \text{cca } 100 \text{ kg} / \text{h}$  a velikost drtící komory drtiče  $V_K = \text{cca } 10 \text{ l}$  a výpočet ze vztahu (1).

$$Q = \frac{k \cdot L_R \cdot D_R^2 \cdot n^2}{3600 \cdot (s - 1)} \quad [t \cdot h^{-1}] \quad (2)$$

kde:

$k$  - součinitel drtitelnosti, závisí na konstrukci drtiče (0,12 – 0,22)

$s$  - stupeň drcení (10 - 15)

$D_R$  - průměr rotoru [m]  
(průměr kružnice, kterou opisují vnější hrany rotujících kladiv)

$L_R$  - délka rotoru [m]

Tabulka 4.

Výsledky parametrů ze vztahu (2):			
<b>Q</b>	=	<b>0,10</b>	[t/h]
<b>D<sub>R</sub></b>	=	<b>0,32</b>	[m]
<b>L<sub>R</sub></b>	=	<b>0,12</b>	[m]
<b>V<sub>K</sub></b>	=	<b>9,65</b>	[litr]
<b>v<sub>o</sub></b>	=	<b>24,12</b>	[m/s]
Zadané hodnoty:			
<b>Q</b> - Výkon		<b>0,10</b>	[t/h]
<b>k</b> - součinitel drtitelnosti		<b>0,20</b>	[-]
<b>s</b> - stupeň drcení		<b>15,00</b>	[-]
<b>L<sub>R</sub></b> - délka rotoru		<b>0,12</b>	[m]
<b>D<sub>R</sub></b> - průměr kružnice kladiv		<b>0,32</b>	[m]
<b>ω</b> - úhlová rychlost		<b>150,72</b>	[1/s]
<b>n</b> – otáčky		<b>1440</b>	[ot/min]

Zvolené parametry:

Délka rotoru:  $L_R = 0,12 \text{ m}$

Průměr rotoru:  $D_R = 0,32 \text{ m}$

Otáčky:  $1440 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$

## 5.2 Výpočet pohonu kladivového drtiče

Tato výpočtová část se opírá o výukový materiál VŠB TU Kladivové drtiče [19].

### 5.2.1 Celkový výkon drtiče ( $P_C$ )

$$P_C = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \quad [W] \quad (3)$$

$$P_C = 1085 + 2057 + 2 + 140 = \mathbf{3284 \text{ W}}$$

Příkon drtiče  $P_P$  [W]:

$$P_P = \frac{P_C}{\eta} = \frac{3284}{0,85} = 3863,5 \text{ W} \rightarrow 4 \text{ kW} \quad (4)$$

### 5.2.2 Výkon pro drcení materiálu drtícími kladivy ( $P_1$ )

$$P_1 = A_1 \cdot z \cdot \omega = \frac{v^2 \cdot m_k \cdot m_m}{2 \cdot (m_k + m_m)} \cdot z \cdot \omega \quad [W] \quad (5)$$

$$P_1 = \frac{24,12^2 \cdot 0,5 \cdot 0,005}{2 \cdot (0,5 + 0,005)} \cdot 5 \cdot 150,72 = 1085 \text{ W}$$

Úhlová rychlost  $\omega$  [ $s^{-1}$ ]:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1440}{60} = 150,72 \text{ s}^{-1} \quad (6)$$

Obvodová rychlost  $v$  [ $m \cdot s^{-1}$ ]:

$$v = \omega \cdot R_{Tm} = 150,72 \cdot 0,16 = 24,12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (7)$$

$A_1$  - práce vykonaná při úderu jednoho kladiva [J]

$z$  - počet kladiv [-]

$z = 5$

$R_{Tm}$  - vzdálenost osy rotoru od těžiště drceného zrna [m]

$R_{Tm} = 0,16 \text{ m}$

$m_k$  - hmotnost kladiva redukována do bodu úderu [kg]

$m_k = 0,5 \text{ kg}$  (volba viz Příloha C)

$m_m$  - střední hmotnost zrn drcených jedním kladivem [kg]

$m_m = 0,005 \text{ kg}$  [18] [22]

### 5.2.3 Výkon na roztírání materiálu o kontrolní rošt ( $P_2$ )

$$P_2 = A_2 \cdot z \cdot \omega = F_t \cdot s \cdot z \cdot \omega \quad [W] \quad (8)$$

$$P_2 = 1,82 \cdot 0,75 \cdot 10 \cdot 150,72 = 2057 \text{ W}$$

Třecí síla při pohybu materiálu po kontrolním roštu  $F_t$  [N]:

$$F_t = O \cdot f_1 = 18,18 \cdot 0,1 = 1,82 \text{ N} \quad (9)$$

Odstředivá síla působící na zrno drceného materiálu  $O$  [N]:

$$O = \frac{m_m \cdot v^2}{R_{Tm}} = \frac{0,005 \cdot 24,12^2}{0,16} = \mathbf{18,18\ N} \quad (10)$$

Dráha, kterou urazí materiál na kontrolním roštu  $s_d$  [m]

$$s_d = \pi \cdot D = \frac{6}{8} \cdot \pi \cdot 0,32 = \mathbf{0,75\ m} \quad (11)$$

$A_2$  - práce vykonaná jedním kladivem při roztírání materiálu na kontrolním roštu [J]

$f_1$  - součinitel tření materiálu o kontrolní rošt [-]

$f_1 = 0,1$  (viz kost – ocel – volba)

$z$  - kladiva, která roztírají materiál o rošt

$z = 10$

#### 5.2.4 Výkon pro překonání tření v podporách rotoru ( $P_3$ )

$$P_3 = M_{tr} \cdot \omega = G_r \cdot f_2 \cdot \frac{d_\xi}{2} \cdot \omega \quad [W] \quad (12)$$

$$P_3 = 135,4 \cdot 0,005 \cdot \frac{0,035}{2} \cdot 150,72 = \mathbf{2\ W}$$

Tíha rotoru  $G_r$  [N]:

$$G_r = \sum m_{rotoru} \cdot g = 13,8 \cdot 9,81 = \mathbf{135,4\ N} \quad (13)$$

$f_2$  - součinitel tření v podporách rotoru [-] (viz odpor při valení – valivá ložiska)

$f_2 = 0,005$

$d_\xi$  - průměr čepu rotoru (viz průměr hřídele) [m]

$d_\xi = 0,035\ m$

$M_{tr}$  - třecí moment v podporách [N·m]

#### 5.2.5 Výkon pro překonání odporu vzduchu v pracovním prostoru ( $P_4$ )

$$P_4 = Q_{v-vz} \cdot \Delta p = v_{stř} \cdot S \cdot \Delta p \quad [W] \quad (14)$$

$$P_4 = 15,07 \cdot 0,032 \cdot 290,8 = \mathbf{140\ W}$$

Přetlak v drtiči vznikající při rotaci rotoru  $\Delta p$  [Pa]:

$$\Delta p = q_v \cdot \frac{\omega^2 \cdot D_{stř}^2}{4} = 1,28 \cdot \frac{\omega^2 \cdot D_{stř}^2}{4} = \mathbf{290,8\ Pa} \quad (15)$$

Střední rychlost pohybu vzduchu  $v_{stř}$  [ $m \cdot s^{-1}$ ]:

$$v_{stř} = \omega \cdot \frac{D_{stř}}{2} = 150,72 \cdot \frac{0,2}{2} = \mathbf{15,07 \, m \cdot s^{-1}} \quad (16)$$

Plocha příčného průřezu aktivní části rotoru  $S$  [ $m^2$ ]:

$$S = \sum S_{i \, rotoru} = \mathbf{0,032 \, m^2} \quad (17)$$

$Q_{v-vz}$  - množství vzduchu, které projde přes drtič [ $kg \cdot s^{-1}$ ]

$q_v$  - měrná hmotnost vzduchu [ $kg \cdot m^{-3}$ ]

$$q_v = 1,28 \, kg \cdot m^{-3}$$

$D_{stř}$  - střední průměr trajektorie pohybu vzduchu v tělese drtiče [m]

$$D_{stř} = 0,2 \, m$$

## 5.3 Výpočet převodu klínovým řemenem

### 5.3.1 Stanovení velikosti klínového řemene

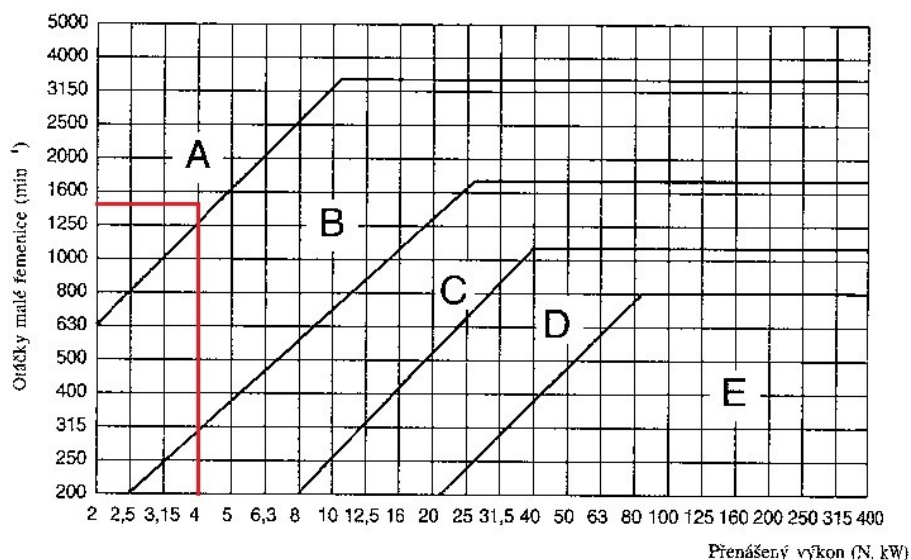
Optimální průřez klínového řemene se určí dle ČSN 02 3111 z diagramu (obr. 30), do kterého se vynesou hodnoty otáček hnací řemenice  $n$  [ot/min] a přenášeného výkonu  $P_P$  [kW] [16].

Parametry pro výpočet:

Výkon:  $P_P = 4 \, kW$

Otáčky:  $n = 1440 \, min^{-1}$

Převodový poměr:  $i = 1$



Obr. 30. Diagram určení potřebného průřezu klínového řemene



V diagramu se ukazuje jako optimální průřez řemenu s označením A, ale já volím řemen s označením B, kvůli menšímu počtu řemenů.

Volba klínového řemene klasického průřezu provedení **RECORD**, kvůli větší účinnosti a ohebnosti řemenu.

Řemen provedení Rekord má výztuhu tvořenou řadou kordových provazců z ocelových lanek. Řemen je ohebný, snáší vysoké obvodové rychlosti, méně se protahuje a má proto malý skluz a lepší účinnost. [16]

### 5.3.2 Návrh výpočtových průměrů $D_1$ a $D_2$

Převodový poměr  $i = 1$ , tzn:  $D_1 = D_2$ .

Na řemenicích se řemen ohýbá a mohl by nadměrným ohybovým namáháním popraskat na vnější straně, proto je průměr řemenic  $D$  omezen určitou minimální velikostí. Zvolím (dle tab. 5) minimální velikost výpočtového průměru řemenic, které jsou určeny ČSN 02 3179, v závislosti na velikosti klasického průřezu řemene.[16]

Tab. 5 Minimální výpočtové průměry řemenic pro jednotlivé velikosti klasického průřezu klínového řemene

Průřez řemene	$D_{\text{MIN}}$ [mm]
Z	63
A	90
B	125
C	200
D	355
E	500

Protože jsem zvolil klínový řemen s označením B, volím  $D_{\text{MIN}} = 125$  mm.

Normalizovaná velikost průměru malé řemenice  $D_1$  [mm]:

$$D_1 = D_2 = 125 \text{ mm}$$

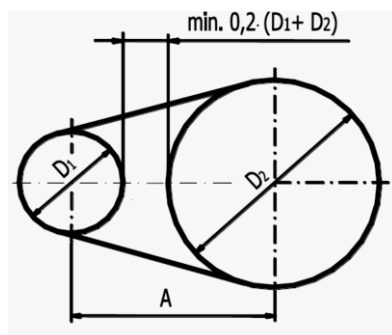
Obvodová rychlost  $v_1$  pro zvolenou normalizovanou velikost průměru hnací řemenice  $D_1$ :

$$v_1 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{60} \quad [m \cdot s^{-1}] \quad (18)$$

$$v_1 = \frac{\pi \cdot 0,125 \cdot 1440}{60} = 9,425 \text{ m} \cdot s^{-1}$$

### 5.3.3 Určení osové vzdálenosti

Pro klínové drážky postačuje pro bezpečný přenos výkonu poměrně malý úhel opásání malé řemenice a to obvykle  $\alpha \geq 90^\circ$ .



Obr. 31. Minimální rozestup mezi řemenicemi

Minimální teoretická osová vzdálenost  $A_{min}$  (dle obr. 31):

$$A_{min} = 0,2 \cdot (D_1 + D_2) + \left( \frac{D_1}{2} + \frac{D_2}{2} \right) \quad [mm] \quad (19)$$

$$A_{min} = 0,2 \cdot 250 + 125 = \mathbf{175 \text{ mm}}$$

Maximální teoretická osová vzdálenost  $A_{max}$ :

$$A_{max} = 2 \cdot (D_2 + D_1) \quad [mm] \quad (20)$$

$$A_{max} = 2 \cdot (D_2 + D_1) = 4 \cdot 125 = \mathbf{500 \text{ mm}}$$

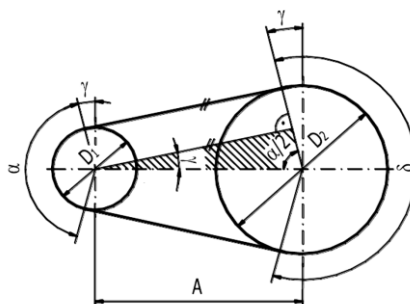
Podmínka:

$$A_{min} \leq A \leq A_{max} \quad \rightarrow \quad 175 \leq 450 \leq 500 \quad [mm] \quad (21)$$

$$A = \mathbf{450 \text{ mm}}$$

### 5.3.4 Určení délky řemene

Výpočtové délky řemene jsou normalizované podle ČSN 02 3110. Proto vypočtenou délku  $L_p'$  [mm] upravíme na nejbližší normalizovanou výpočtovou délku  $L_p$ , podle tab. 6.



Obr. 32. Výpočet délky řemene v rovině neutrálních vláken

Tabulka 6. Normalizované výpočtové délky  $L_P$  pro jednotlivé normalizované velikosti klasického průřezu klínového řemene

Průřez řemene	Výpočtové délky $L_P$ [mm] klínového řemene
Z	400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000, 2240, 2500
A	560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000, 2240, 2500, 2800, 3150, 3550, 4000
B	800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000, 2240, 2500, 2800, 3150, 3550, 4000, 4500, 5000, 5600, 6300
C	1800, 2000, 2240, 2500, 2800, 3150, 3550, 4000, 4500, 5000, 5600, 6300, 7100, 8000, 9000, 10000
D	3150, 3550, 4000, 4500, 5000, 5600, 6300, 7100, 8000, 9000, 10000, 11200, 12500, 14000
E	4500, 5000, 5600, 6300, 7100, 8000, 9000, 10000, 11200, 12500, 14000, 16000, 18000

$L_P$  - normalizovaná výpočtová délka pro jednotlivé normalizované velikosti klasického průřezu klínového řemene

$L_P'$  - předběžná geometrická délka řemene

$$L_P' = 2 \cdot A \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \pi \cdot D_1 \cdot \frac{\alpha}{360} + \pi \cdot D_2 \cdot \frac{\delta}{360} \quad [mm] \quad (22)$$

$$\alpha = 180^\circ \quad \delta = 180^\circ \quad \gamma = 0^\circ$$

$$L_P' = 2 \cdot A \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{\pi}{2} \cdot (2 \cdot D_1) = 2 \cdot 450 \cdot \sin \frac{180^\circ}{2} + \frac{\pi}{2} \cdot (2 \cdot 125) = \mathbf{1292,7 \text{ mm}}$$

Normalizovaná výpočtová délka určená dle tab. :  $L_P = \mathbf{1250 \text{ mm}}$

### 5.3.5 Skutečná osová vzdálenost

Skutečná osová vzdálenost  $A_{SK}$  [mm] odpovídá normalizované délce řemene  $L_P$  [mm]:

$$A_{sk} = \frac{1,04 \cdot L_P - \frac{\pi}{2} \cdot (D_1 + D_2) - \frac{\pi \cdot \gamma}{180} \cdot (D_2 - D_1)}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \quad [mm] \quad (23)$$

$$A_{sk} = \frac{1,04 \cdot 1250 - \frac{\pi}{2} \cdot (140 + 710)}{2 \cdot \sin \frac{180^\circ}{2}} = \mathbf{453,65 \text{ mm}}$$

1,04 = 4% - důsledek napnutí řemene

### 5.3.6 Počet řemenů

Celkový počet řemenů  $Z$  [-] potřebný pro přenos zadaného výkonu  $P_P$  [kW] [18]:

$$Z = \frac{P_P \cdot C_2}{N_0 \cdot C_1 \cdot C_3} \quad [-] \quad (24)$$

$$Z = \frac{P_P \cdot C_2}{N_0 \cdot C_1 \cdot C_3} = \frac{4 \cdot 0,88}{2,19 \cdot 1 \cdot 0,85} = 1,34 \rightarrow Z = 2 \text{ řemeny}$$

Jednotlivé veličiny dle ČSN 02 3111 pro řemen B [17]:

$N_0$  - ideální jmenovitý výkon na 1 řemen

$$N_0 = 2,19 \text{ kW}$$

$C_1$  - součinitel vlivu opásání

$$C_1 = 1 \quad (\text{pro } \alpha = 180^\circ)$$

$C_2$  - součinitel vlivu délky klínového řemene

$$C_2 = 0,88$$

$C_3$  - součinitel dynamičnosti a pracovního režimu

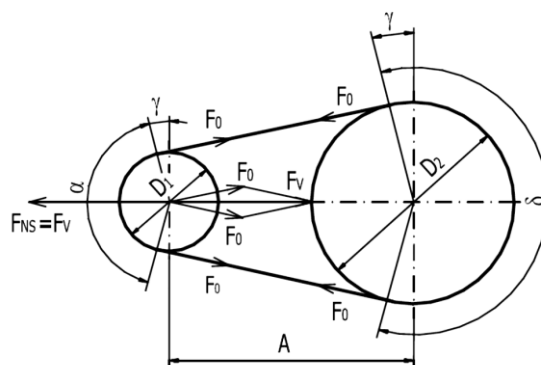
$$C_3 = 1,2 \quad (\text{pro střední pracovní pohon})$$

### 5.3.7 Specifikace navrženého řemene

**ŘEMEN B - 1250 ČSN 02 3110**

### 5.3.8 Výpočet předpětí řemene

Předpětí je důležité pro bezporuchovou a správnou funkci řemenového převodu a dosažení co nejdelší životnosti řemene. Je podmínkou pro vznik vláknového tření, které vzniká za provozu na opásáních mezi řemenem a řemenicemi a přenáší obvodovou sílu přenášeného výkonu z hnací řemenice na řemen a z řemene na hnanou řemenici. Předpětí - sílu  $F_0$ , která působí stejnou velikostí v obou větvích řemenu, vyvozujeme za klidu při montáži napnutím řemene napínací silou  $F_{NS}$ , která je rovna výslednici  $F_V$  předepjatých sil  $F_0$  (obr.33).



Obr. 33. Napínání řemene

Předpětí  $F_0$  [N]:

$$F_0 = k \cdot \frac{F}{2} \cdot \frac{e^{f_k \cdot \hat{\alpha}} + 1}{e^{f_k \cdot \hat{\alpha}} - 1} \quad [N] \quad (25)$$

$$F_0 = 1.45 \cdot \frac{424,48}{2} \cdot \frac{e^{1,584 \cdot \pi} + 1}{e^{1,584 \cdot \pi} - 1} = \mathbf{312 \text{ N}}$$

Přenášená obvodová síla  $F$  [N]:

$$F = \frac{2 \cdot Mk}{D_1} = \frac{2 \cdot 26,53}{0,125} = \mathbf{424,48 \text{ N}} \quad (26)$$

Krouticí moment  $M_k$  [Nm]:

$$Mk = \frac{P_1}{\omega} = \frac{60 \cdot P_1}{2 \cdot \pi \cdot n_1} = \frac{60 \cdot 4000}{2 \cdot \pi \cdot 1440} = \mathbf{26,53 \text{ Nm}} \quad (\mathbf{104240 \text{ Nmm}}) \quad (27)$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_1}{60} \quad [rad \cdot s^{-1}] \quad (28)$$

Úhel opásání  $\hat{\alpha}$  [rad]:

$$\hat{\alpha} = \frac{\alpha}{180} \cdot \pi = \frac{180}{180} \cdot \pi = \mathbf{\pi \text{ rad}} \quad (29)$$

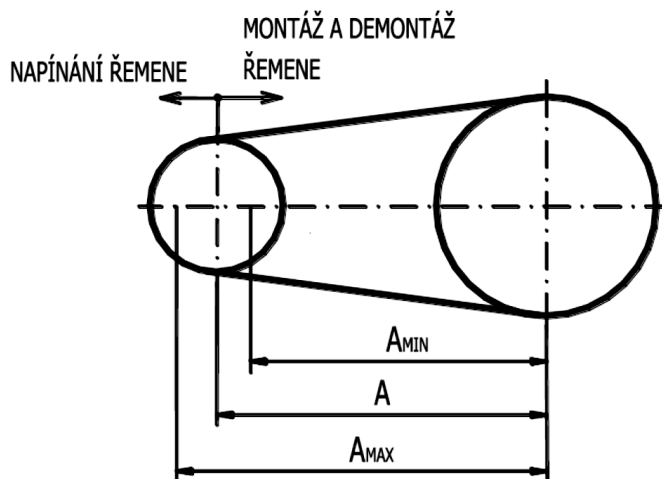
Součinitel tření v klínové drážce  $f_k$  [-]:

$$f_k = \frac{f_v}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{0,4631}{\sin \frac{34}{2}} = \mathbf{1,584} \quad (30)$$

Součinitel vláknového tření  $f_v$  [-]:

$$f_v = f_0 + 0,012 \cdot v_1 = 0,35 + 0,012 \cdot 9,425 = \mathbf{0,4631} \quad (31)$$

- $k$  - bezpečnost proti prokluzu (1,3 – 1,6) [-]  
 $k = 1,45$   
 $\alpha'$  - úhel drážky řemenice dle tabulek [17] [°]  
 $\alpha' = 34 \pm 1^\circ$   
 $f_0$  - součinitel suchého smykového tření vyskytujícího se u nového, nezaběhnutého řemene. Pro pryžový řemen a ocelovou řemenici. [-]  
 $f_0 = 0,35$



Obr. 34. Měnitelný rozsah osové vzdálenosti

Mez pro nasazení řemene  $A_{MIN}$  [mm]:

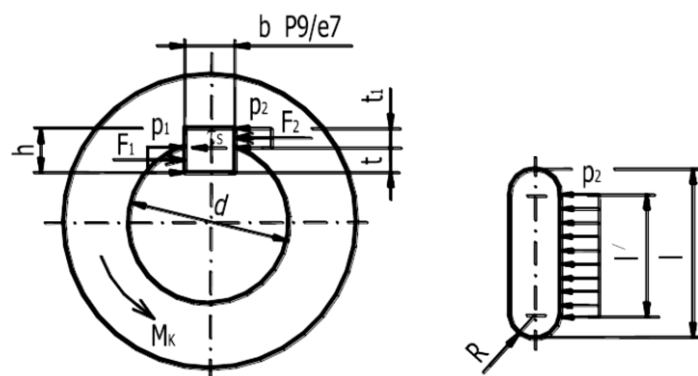
$$A_{MIN} = A_{sk} - 0,015 \cdot L_P = 453,65 - 0,015 \cdot 1250 = 434,9 \text{ mm} \quad (32)$$

Mez pro další napínání řemene během provozu  $A_{MAX}$  [mm]:

$$A_{MAX} = A_{sk} + 0,03 \cdot L_P = 453,65 + 0,030 \cdot 1250 = 491,15 \text{ mm} \quad (33)$$

## 5.4 Výpočet přenosu $M_K$ na hřídeli

Přenos  $M_K$  na hřídeli jsem zvolil, jak u řemenice, tak u rotoru, pomocí těsného pera. Těsná pera se kontrolují na otlacení. Tlaky jsou na kontaktních plochách rozloženy rovnoměrně. V náboji je otláčovaná jen přímá část boku pera délky  $l'$  a hloubka drážky  $t_1 < t$ , proto platí  $p_2 > p_1$ .



Obr. 35. Namáhání těsného pera [17]

**PERO 10e7 x 8 x 30 ČSN 02 2562**

Tabulka 7. Hodnoty vybraného těsného pera

Průměr hřídele d	Rozměry				Hloubka drážky				Poloměr drážky R <sub>1</sub>
	b	h	f	l	t	mezní úchytky	t <sub>1</sub>	mezní úchytky	
22 až 30 (35)	10	8	0,6	25 až 110 (35)	4,7	+0,2 0,0	3,3	+0,4 +0,2	0,6

Délka pera **l** [mm]:

$$l = l' + b = 15,18 + 10 = 14 \rightarrow \mathbf{30 \text{ mm}} \quad (34)$$

Přímá část boku pera **l'** [mm]:

$$l' = \frac{F_2}{p_{D2} \cdot t_1} = \frac{1385,4}{125 \cdot 3,3} = \mathbf{3,36 \text{ mm}} \quad (35)$$

Síla **F<sub>2</sub>** [N]:

$$F_2 = \frac{Mk}{\frac{d}{2} + \frac{t_1}{2}} = \frac{26530}{\frac{35}{2} + \frac{3,3}{2}} = \mathbf{1385,4 \text{ N}} \quad (36)$$

$p_{D2}$  - dovolený měrný tlak

[MPa]

$p_{D2} = 125 \text{ MPa}$  – pro ocelovou řemenici (100 - 150)

K vzhledem ke stejnému průměru hřídele řemenice i rotoru  $d = 35 \text{ mm}$ , je délka těsného pera u obou totožná.

## 5.5 Výpočet hřídele

Na hřídel rotoru působí, přes řemenici, krouticí moment  $M_K$  [N·m] vlivem výkonu motoru, dále pak napínací síla řemene  $F_o$  [N] s tíhovou silou řemenice  $G_{řem}$  [N] a tíhová síla rotoru  $G_{rot}$  [N]. Hřídel je z materiálu 14 220.

Zadané parametry:

$$M_K = 26,53 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$F_o = 312 \text{ N}$$

$$G_{řem} = 40,9 \text{ N}$$

$$b = 226 \text{ mm}$$

$$m_{rot} = 13,8 \text{ kg}$$

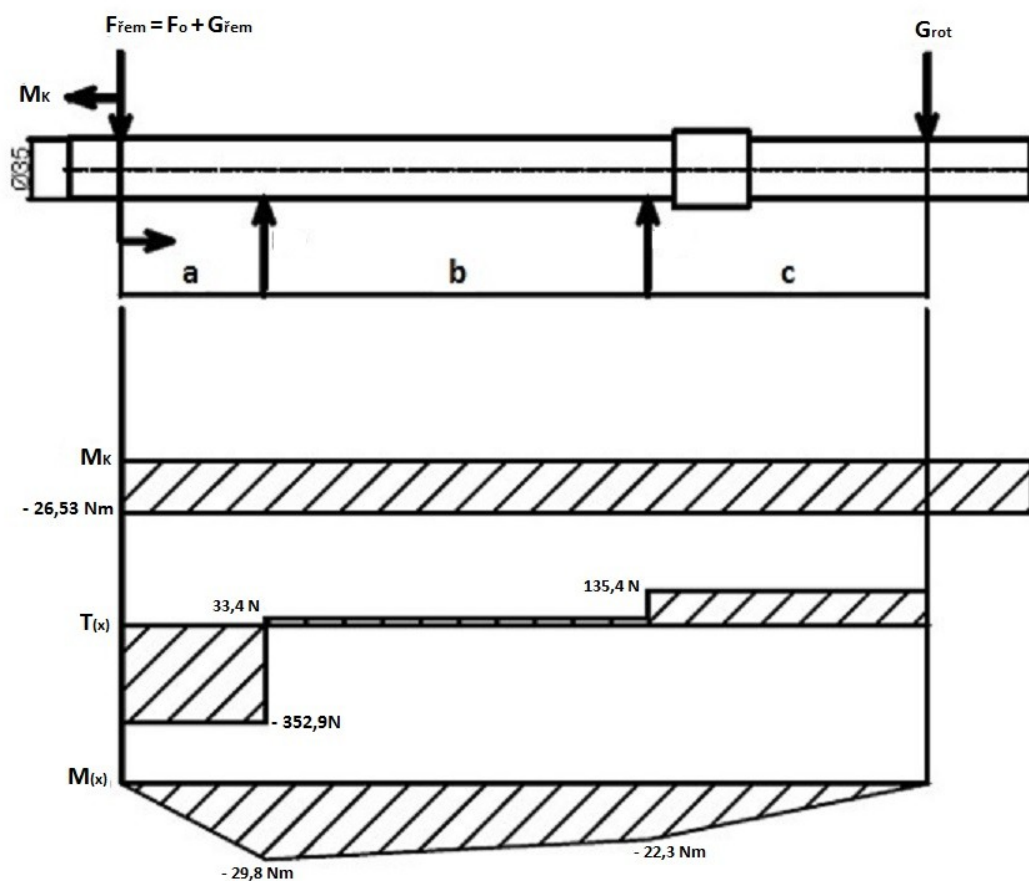
$$G_{rot} = 135,4 \text{ N}$$

$$\sigma_{DO} = 150 \text{ MPa}$$

$$a = 84,5 \text{ mm}$$

$$c = 164,5 \text{ mm}$$

$$m_{řem} = 4,2 \text{ kg}$$



Obr. 36. Graf sil a napětí na hřídeli

$$G_{rot} = m_{rot} \cdot g = 13,8 \cdot 9,81 = 135,4 \text{ N} \quad (37)$$

$$F_{řem} = F_o + G_{řem} = F_o + m_{řem} \cdot g = 312 + 4,2 \cdot 9,81 = 352,9 \text{ N} \quad (38)$$



$$\sum F_{iy} = 0 = -F_{rem} + R_{AY} + R_{BY} - G_{rot} \quad [N] \quad (39)$$

$$R_{AY} = F_{rem} + G_{rot} - R_{BY} = 352,9 + 2080 - 3477 = \mathbf{386,3 \text{ N}}$$

$$\sum M_{iA} = 0 = F_{rem} \cdot a + R_{BY} \cdot b - G_{rot} \cdot (b + c) \quad [N \cdot m] \quad (40)$$

$$R_{BY} = \frac{G_{rot} \cdot (b + c) - F_{rem} \cdot a}{b} = \frac{2080 \cdot (226 + 164,5) - 352,9 \cdot 84,5}{226} = \mathbf{102 \text{ N}}$$

Maximální ohybový moment  $\mathbf{M_{omax}}$  [Nmm]:

$$M_{omax} = F_{rem} \cdot a = 386,3 \cdot 84,5 = \mathbf{29820 \text{ N} \cdot \text{mm}} \quad (41)$$

Redukovaný moment  $\mathbf{M_{red}}$  [Nmm]:

$$M_{red} = \sqrt{M_{omax}^2 + \frac{3}{4} \cdot M_k^2} = \sqrt{29820^2 + \frac{3}{4} \cdot 26530^2} = \mathbf{37645 \text{ N} \cdot \text{mm}} \quad (42)$$

Kontrola namáhání:

$$\sigma \leq \sigma_{Do} \quad [MPa] \quad (43)$$

$$\sigma = \frac{M_{red}}{\frac{\pi}{32} \cdot d^3} = \frac{37645}{\frac{\pi}{32} \cdot 35^3} = \mathbf{8,94 \leq 150 \text{ MPa}} \quad - \text{ splněno}$$

## 5.6 Kontrola ložisek

Na hřídeli jsou umístěna dvouřadá naklápěcí ložiska SKF 2307 ČSN 02 4651. Ložiska jsou namáhána Reakčními silami  $R_A$  a  $R_B$ . Jelikož obě ložiska jsou totožná, do výpočtu zahrnuji jen Reakční sílu s vyšší hodnotou  $R_B$ . ( $R_{BY} = F_r$ )

Tabulka 8. Parametry ložiska [21]

Označení	Průměr hřídele d [mm]	Rozměry [mm]			Základní únosnost [N]		$n_{\max}$ [min <sup>-1</sup> ]
		D	B	R	Dynamická C	Statická C <sub>0</sub>	
2307	35	80	31	2,5	31000	12900	8000

Základní trvanlivost ložiska  $L_{10h}$  [hod]:

$$L_{10h} = \left(\frac{C}{F_r}\right)^p \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \quad [hod] \quad (44)$$

$$L_{10h} = \left(\frac{31000}{386,3}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 1440} = 5,9 \cdot 10^6 \text{ hod}$$

p - exponent pro ložiska s bodovým stykem

p = 3 [-]

## 5.7 Kontrola osky kladiv

Oska je součástí rotoru, jsou na ni nasunuta kladiva, mezi kterými jsou podložky. Oska je z materiálu 11 500, je namáhána odstředivou silou těchto kladiv a podložek  $F_{oska}$  [N].

$$F_{oska} = m_{klad} \cdot \frac{v}{R} = m_{klad} \cdot \omega = 1,41 \cdot 150,72 = 212 \text{ N} \quad (44)$$

$m_{klad}$  - hmotnost kladiv a podložek

$m_{klad} = 1,41 \text{ kg}$

Kontrolu (simulaci) jsem provedl v aplikaci Autodesk Inventor Professional 2012, metodou MKP (výsledné hodnoty viz tab. 9 a obr 37 - 39).

Tabulka 9. Výsledné hodnoty simulace

Reakční síla 1	$R_{AII} = 105,98 \text{ [N]}$
Reakční síla 2	$R_{BII} = - 106 \text{ [N]}$
Maximální napětí Von Mises	$\sigma_{VM\max} = 29,74 \text{ [MPa]}$
Maximální posunutí	$\Delta l = 1,65e-003 \text{ [mm]}$
Součinitel bezpečnosti	$k_b = 6,96 \text{ [-]}$

Kontrola namáhání:

$$\sigma_{Do} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{270}{2} = \mathbf{135 \text{ MPa}} \quad (45)$$

$$\sigma_{VMmax} \leq \sigma_{Do} \quad [\text{MPa}] \quad (46)$$

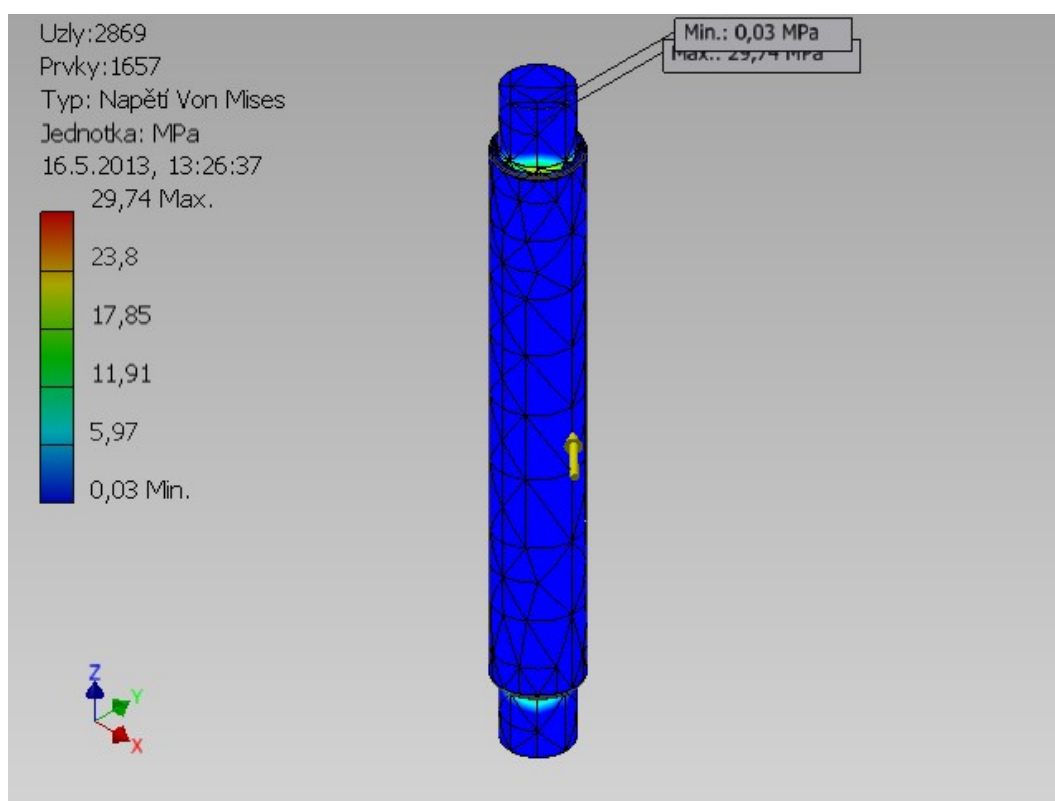
$$29,74 \leq 135 \text{ MPa} \quad - \quad \text{splněno}$$

$R_e$  – mez pevnosti v kluzu (pro mat. 11 500 –  $R_e$ :250 – 290 MPa) [17]

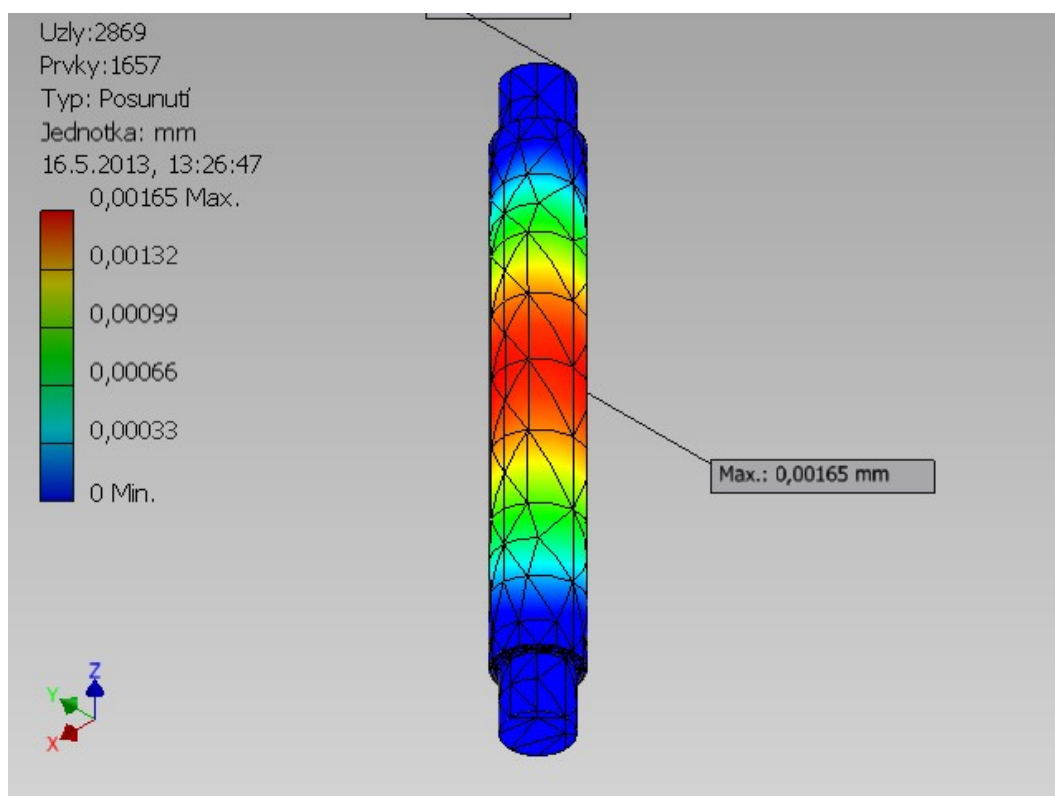
$R_e = 270 \text{ MPa}$

$k_s$  – součinitel pro statickou bezpečnost (1,5 - 2) [-] [18]

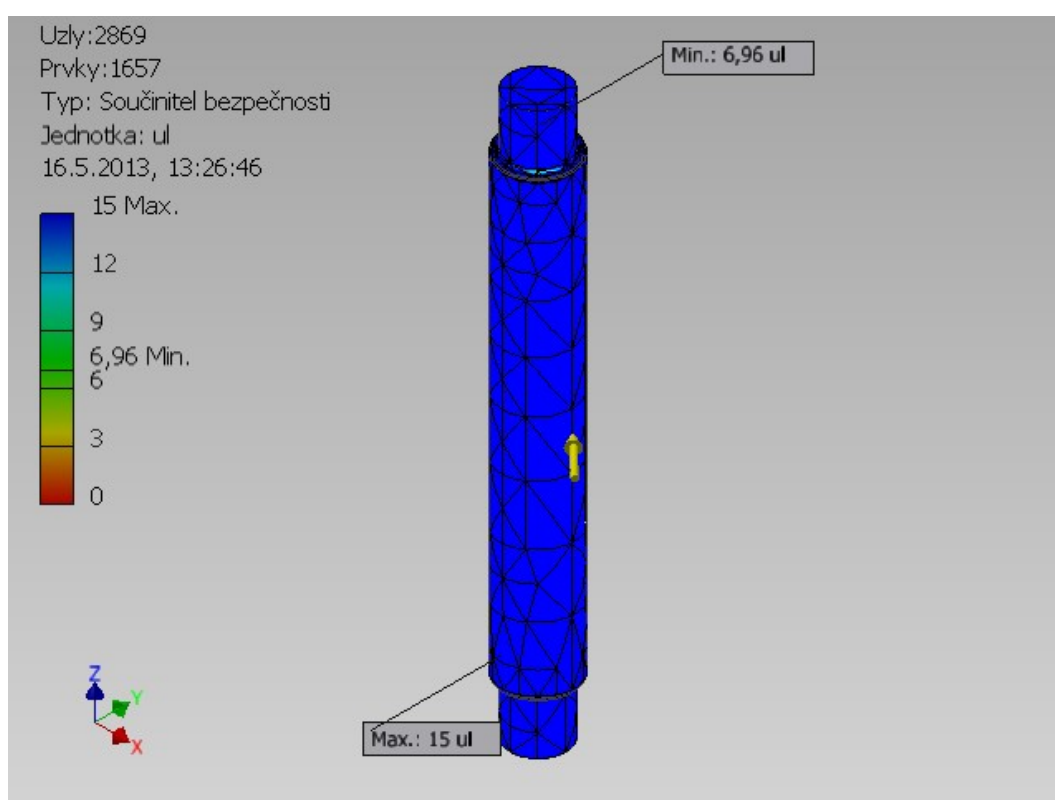
$k_s = 2$



Obr. 37. Napětí Von Mises



Obr. 38. Posunutí



Obr. 39. Součinitel bezpečnosti

## ZÁVĚR

V mé bakalářské práci jsem se zabýval návrhem kladivového drtiče obilovin, suchých zbytků pečiva a kostí. Nejdříve jsem se seznámil s problematikou drcení a mletí, i s drtiči prostřednictvím literární a patentové rešerše. Následně jsem ze zadání specifikoval požadavky kladené na zadaný technický systém a podle těchto požadavků se především zabýval otázkou jeho optimální varianty. Tu jsem převedl do stavební struktury.

Konstrukci drtiče jsem řešil hlavně s ohledem na to, aby byl snadný přístup do komory drtiče, z důvodů jeho pohodlného čištění a aby výměna nejvíc opotřebovaných částí (kladiv), mohla proběhnout bez povolení a sundání rotoru a také bez manipulace s uložením hřídele. Pozici elektromotoru s ohledem na stabilitu konstrukce a řemenový převod kvůli jeho snadné údržbě.

V dalším bodu práce jsem provedl hlavní technické výpočty, kterými jsem stanovil základní rozměrové parametry, výkon motoru, kterým bude zadaný drtič pohánět a taky výpočet nejvíc namáhaných částí.

Jak již bylo uvedeno v úvodu, drtič bude vhodný převážně do malozemědělské výroby, nebo do venkovských domácností.

## Literatura:

- [1] Dinter, O.: *Drcení a mletí nerostných surovin*. Praha, SNTL, 1984, 241s.  
[cit: 2012-11-18]
- [2] Tichánek, F.: *Úprava surovin* [online] [cit: 2012-11-18], Dostupné z  
<<http://www.scribd.com/doc/64815228/4/Zp%C5%AFsoby-drceni-a-mleti>>
- [3] Vidlář, J., Hodek, O.: *Základy úpravy užitkových surovin 1. díl*. Skriptum vyd. Ostrava, VŠB, 1984, 215s. [cit: 2012-11-18]
- [4] Polický, J.: *Úpravárenské stroje I*. VUT Brno 1987. [cit: 2012-11-20]
- [5] Agroing: *Výroba krmných směsí a zpracování biomasy* [online] [cit: 2012-11-20].  
Dostupné z <<http://www.agroing.cz/>>
- [6] Robex: *Drtiče, drtící mlýny, drásací stroje* [online], [cit. 2012-11-20]. Dostupné z  
<<http://robexpedie.robex-dk.cz/index.php?clanek=1263805611.php>>
- [7] Pavlíček, R.: *Konstrukce drtiče kuchyňského odpadu*. Diplomová práce [online],  
Brno 2007, [cit. 2012-11-30] Dostupné z  
<[http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz\\_soubor.php?id=304](http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=304)>
- [8] FREEWOOD, *Stroje na zpracování dřevního odpadu* [online], [cit. 2012-11-30].  
Dostupné z <<http://www.freewood.cz/produkty/drevni-odpady/>>
- [9] AGRA - BOHEMIA a.s., *Technologie zpracování zrnin* [online], [cit. 2013-1-10].  
Dostupné z <<http://www.agra-bohemia.cz/index.php?obsah=vypis&catID=146>>
- [10] Fries, J.: *Stroje pro zpracování odpadu*. Učební text vyd. Ostrava, VŠB, 2007,  
368s. [cit. 2012-1-10]
- [11] Drtiče odpadu: *Drtiče kuchyňského odpadu* [online], [cit. 2013-1-10]. Dostupné z  
<<http://www.drtimeodpadu.com/www-top-golf-cz/eshop/1-1-Drtime-odpadku/0/5/7-Drtime-kuch-odpadu-EcoMaster-LCD>>
- [12] Losertová, M., Skotnicová, K.: *Neželezné kovy*. Sylaby přednášek vyd. Ostrava,  
VŠB-TU, 2007. [cit. 2013-1-11]
- [13] Drtiče: *Stroje na úpravu druhotných surovin*. Výukový text vyd. Ostrava, VŠB-TU.  
[cit. 2012-11-30]
- [14] AMA Czech: *Kladívkový šrotovník* [online], [cit. 2013-1-20]. Dostupné z  
<<http://www.ama-zahrada.cz/kladivkovy-srotovnik-467.html#description>>
- [15] Malich, J.: *Drtiče a štěpkovače* [online], [cit. 2013-1-20]. Dostupné z  
<<http://abecedazahrady.dama.cz/clanek/drtice-a-stepkovace-zlikvidujte-zahradni-odpad-jednoduse-a-bez-problemu>>

- [16] Kaláb K.: *Vysokoškolská příručka. ČÁSTI A MECHANISMY STROJŮ - Návrh, výpočet a montáž řemenového převodu*. [cit. 2013-05-01] VŠB-TU Ostrava, Ostrava 2010.
- [17] Vávra P. a kolektiv: *Strojnické tabulky pro SPŠ strojnické (Vydání druhé opravené)*. [cit. 2013-05-1] SNTL - Nakladatelství tech. Literatury 1984, 5492 – 04 – 234 – 84.
- [18] Výukový materiál: Modelování a aproximace v biomechanice [online]. ČVUT FD Praha [cit. 2012-12-12]. Dostupné z <[http://mech.fd.cvut.cz/education/archiv/k618yamb/download/biomechanika-1/2\\_mech\\_vl.pdf](http://mech.fd.cvut.cz/education/archiv/k618yamb/download/biomechanika-1/2_mech_vl.pdf)>
- [19] Výukový materiál: Kladivové drtiče, FS VŠB TU Ostrava [cit. 2013-3-11]
- [20] Moravec Vlastimil. Elektromotory SIEMENS [online]. 2013, [cit. 2013-5-10]. Dostupné z <<http://www.elektromotory.net/siemens/1la7-1500-otacek.html>>
- [21] SKF: Ložiska a ložiskové jednotky, mazací systémy, mechatronika, těsnění, služby – SKF.cz. [online]. 2013, [cit. 2013-4-2]. Dostupné z <<http://www.skf.com/files/515034.pdf>>
- [22] Mikulčák a kolektiv. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy*. Praha: SPN Praha, 1988. [cit. 2012-12-30]

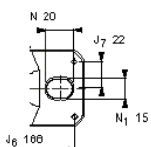
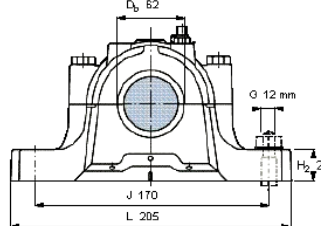
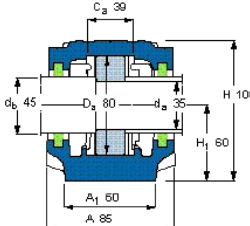
## Přílohy:

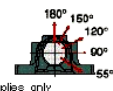
- Příloha A Katalogový list k ložiskovému tělesu
- Příloha B Technický výkres elektromotoru
- Příloha C Graf závislosti Výkon -  $m_k$
- Příloha D CD s textem bakalářské práce a výkresovou dokumentací
- Příloha E Výkresová dokumentace

## Příloha A.

Katalogový list k ložiskovému tělesu.

Shaft		Appropriate bearings (basic designation)			Housing				Mass	Designation Housing
Self-aligning ball bearings Spherical roller bearings CARB bearing					A	L	H	H <sub>1</sub>		
d <sub>a</sub>	d <sub>b</sub>				mm				kg	
35	45 1307	2307	21307	- -	85	205	108	60	2,75	SNL 208-307



Order designations	SNL 208-307				Cap bolts	M 10x50		Breaking loads, housing [kN]	
Housing only					Size [mm]			P <sub>0</sub> *	150
Seals					Rec. tightening torque [Nm]	50		P <sub>05</sub> *	215
	TSN 307 A	2 x TSN 307 S	2 x TSN 307 ND	End cover ASNH 510-606	Max. permissible load			P <sub>10</sub> *	130
					F <sub>120</sub> *	50		P <sub>120</sub> *	95
					F <sub>160</sub> *	30		P <sub>160</sub> *	85
					F <sub>180</sub> *	25		P <sub>180</sub> *	110
					Appropriate attachment bolts	12		P <sub>2</sub>	70
					Size [mm]				
					Rec. tightening torque [Nm]	60			
Appropriate SKF bearings and accessories					Dowel dimensions			Grease quantities [kg]	
Bearing	Lock nut	Locking device	Locating rings		Diameter (max.)	6		Initial fill	0,06
1307 ETN8	KM 7	MB 7	2 x FRB 9/60		Centre distance J <sub>6</sub>	188		Regreasing	0,01
2307 ETN9	KM 7	MB 7	2 x FRB 4/60		Centre distance J <sub>7</sub>	22			
21307 CC	KM 7	MB 7	2 x FRB 9/60						
-	-	-	-						

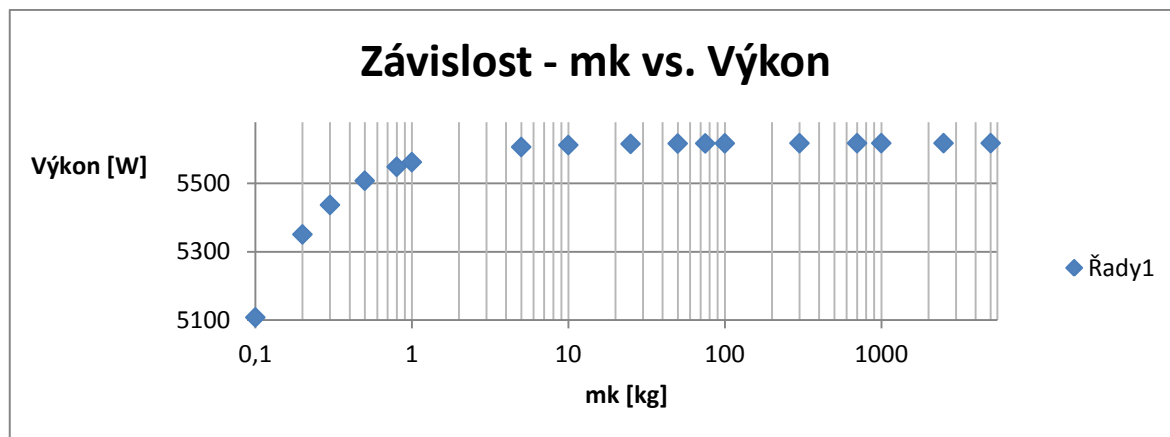


Technický výkres elektromotoru SIEMENS 1LA7113-4AA, 4 kW, 1440 ot.



## Příloha C.

Graf závislosti hmotnosti kladiva redukovaného do bodu úderu na výkonu drtiče.



## Příloha E

### Seznam výkresové dokumentace:

Číslo výkresu	List	Název
2013-MAC-100	1	DRTIC
2013-MAC-100	2	DRTIC - SESTAVA
2013-MAC-101	1	KOMORA
2013-MAC-101	2	KOMORA - SESTAVA
2013-MAC-102	1	STUL
2013-MAC-103	1	ROTOR
2013-MAC-104	1	HRIDEL
2013-MAC-105	1	PODSTAVA